INHALT.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

HUNDERTDRITTER BAND.

WIEN, 1894.

AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI F. TEMPSKY,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

SITZUNGSBERICHTE

DER

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

CIII. BAND. ABTHEILUNG III.

JAHRGANG 1894. — HEFT I BIS X.

(MIT 18 TAFELN UND 8 TEXTFIGUREN.)

WIEN, 1894.

AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI F. TEMPSKY,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1894, Sept. 19 – 1895, Mar. 5.

[illegible]

INHALT.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

CIII. BAND. VIII. HEFT.

ABTHEILUNG III.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN UND DER THIERE, SOWIE AUS JENEM DER THEORETISCHEN MEDICIN.

SITZUNGSBERICHTE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

CIII. BAND. I. BIS IV. HEFT.

JAHRGANG 1894. — JÄNNER BIS APRIL.

ABTHEILUNG III.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN UND DER THIERE, SOWIE AUS JENEM DER THEORETISCHEN MEDICIN.

(MIT [illegible] TAFELN UND [illegible] TEXTFIGUREN.)

WIEN, 1894.

AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI F. TEMPSKY,

[illegible]

INHALT

des 1. bis 4. Heftes Jänner bis April 1894 des CIII. Bandes, Abtheilung III der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe.

Preis des ganzen Heftes: 2 fl. 10 kr. = 4 Mk. 20 Pfg.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

CIII. BAND. I. HEFT.

ABTHEILUNG III.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN UND DER THIERE, SOWIE AUS JENEM DER THEORETISCHEN MEDICIN.

I. SITZUNG VOM 4. JÄNNER 1894.

Der Vorsitzende gibt Nachricht von dem am 1. Jänner l. J. erfolgten Ableben des ausländischen correspondirenden Mitgliedes dieser Classe Herrn Professor Dr. Heinrich Hertz in Bonn.

Die anwesenden Mitglieder geben ihrem Beileide durch Erheben von den Sitzen Ausdruck.

Der Secretär legt die aus dem erschienenen 60. Band (Jahrgang 1893) veranstaltete Collectiv-Ausgabe der Berichte der Commission für Erforschung des östlichen Mittelmeeres (Zweite Reihe), ferner das Heft X (December 1893) der Monatshefte für Chemie vor.

Das k. k. Ministerium für Cultus und Unterricht übermittelt ein im Gesandtschaftswege für die Bibliothek der kaiserl. Akademie eingelangtes Druckwerk: »Études des Gîtes Minéraux de la France«, publicirt im Auftrage des französischen Ministeriums der öffentlichen Arbeiten.

Das Präsidium der mathematischen Gesellschaft an der kaiserl. Universität in Moskau ladet die kaiserl. Akademie zur Theilnahme an der aus Anlass des 25jährigen Bestandes dieser Gesellschaft am 21. Jänner l. J. daselbst stattfindenden feierlichen Sitzung ein.

Das ungarische Central-Bureau für ornithologische Beobachtungen in Budapest zeigt an, dass diese neugegründete Anstalt mit 1. Jänner 1894 ihre Thätigkeit in der Organisirung des Beobachtungsnetzes begonnen hat.

Das w. M. Herr Prof. L. Pfaundler übersendet eine Arbeit aus dem physikalischen Institute der k. k. Universität in Graz von Prof. Dr. F. Streintz: »Über eine Beziehung zwischen der elektromotorischen Kraft des Daniell-Elementes und dem Verhältnisse des Salzgehaltes seiner Lösungen.«

Das c. M. Herr Regierungsrath Prof. F. Mertens in Graz übersendet eine Abhandlung: »Über die Fundamentalgleichung eines Gattungsbereiches algebraischer Zahlen.«

Herr Prof. Dr. C. Nicoladoni in Innsbruck übersendet eine Abhandlung, betitelt: »Die Skoliose des Lendensegmentes.« (Fortsetzung.)

Das w. M. Herr Hofrath C. Claus überreicht eine für die Denkschriften bestimmte Abhandlung unter dem Titel: »Zoologische Ergebnisse der Tiefsee-Expedition im östlichen Mittelmeere auf S. M. Schiff »Pola«. III. Die Holocypriden und ihre Entwicklungsstadien. Gesammelt 1890, 1891, 1892, 1893.«

Das c. M. Herr Prof. L. Gegenbauer überreicht eine Mittheilung von Dr. R. Daublebsky v. Sterneck: »Abzählung der Primzahlen von der Form $100n+1$«.

Der Secretär Herr Hofrath J. Hann überreicht eine Abhandlung unter dem Titel: »Beiträge zum täglichen Gange der meteorologischen Elemente in den höheren Luftschichten.«

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Loewy, M., Recherches sur la détermination des constantes des chlichés photographiques du ciel. Paris, 1893; 4⁰.

Ministère des Travaux publics, Études des Gîtes Minéraux de la France. Publiées sous les auspices de M. le Ministre de Travaux publics par le Service des Topo-

graphies souterraines. Bassin houiller et permin d'Autun et d'Épinac. Fascicule IV. Flore Fossilie. IIme Partie par B. Renault. (Atlas). Paris, 1893; 4⁰.

Mayor, A., Louis Agassiz, sa vie et sa correspondance. Traduit de l'Anglais. (Orné d'un portrait d'Agassiz.) Neuchâtel, 1887; 8⁰.

Vincenti Giuseppe. La Fonografia universale Michela e la Fono-Telegrafia universale Vincenti. Torino 1893; Folio.

II. SITZUNG VOM 11. JÄNNER 1894.

Das k. k. Finanzministerium übermittelt ein Exemplar der von demselben verfassten Tabellen zur Währungs-Statistik.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. J. Wiesner übersendet eine Abhandlung, betitelt: »Pflanzenphysiologische Mittheilungen aus Buitenzorg.« I. II.

Herr Professor Dr. L. Weinek, Director der k. k. Sternwarte in Prag, übermittelt weitere Fortsetzungen seiner neuesten Mondarbeiten.

Herr Prof. Dr. J. Finger in Wien übersendet eine Abhandlung unter dem Titel: »Das Potential der inneren Kräfte und die Beziehungen zwischen den Deformationen und den Spannungen in elastisch isotropen Körpern bei Berücksichtigung von Gliedern, die bezüglich der Deformationselemente von dritter, beziehungsweise zweiter Ordnung sind«.

Die Herren Professoren Dr. J. Mauthner und Dr. W. Suida in Wien übersenden eine gemeinsam ausgeführte Arbeit unter dem Titel: »Beiträge zur Kenntniss des Cholesterins« (I. Abhandlung).

Herr Prof. Dr. R. v. Lendenfeld in Czernowitz übersendet als Anhang zu seiner Abhandlung: »Tetractionelliden der Adria« eine Mittheilung über die Lithistiden.

Das w. M. Herr Prof. H. Weidel überreicht eine im I. chemischen Universitäts - Laboratorium in Wien von den

Herren Dr. J. Herzig und Th. v. Smoluchowski ausgeführte Arbeit: »Zur Kenntniss des Aurins«.

Das c. M. Herr Prof. L. Gegenbauer in Wien überreicht eine Abhandlung: »Über die Anzahl der Darstellungen einer ganzen Zahl durch gewisse Formen«.

Herr J. Liznar, Adjunct der k. k. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus in Wien, überreicht den fünften und zugleich letzten vorläufigen Bericht über die im verflossenen Sommer von ihm ausgeführten erdmagnetischen Messungen.

III. SITZUNG VOM 18. JÄNNER 1894.

Der Secretär legt das erschienene Heft VIII (October 1893) des 102. Bandes der Abtheilung II. a. der Sitzungsberichte vor.

Das k. k. Ackerbau-Ministerium übermittelt ein Exemplar des von demselben veröffentlichten Werkes: »Geologisch-bergmännische Karten mit Profilen von Idria nebst Bildern von den Quecksilber-Lagerstätten in Idria.«

Herr Prof. Dr. R. v. Wettstein übersendet eine im botanischen Institute der k. k. deutschen Universität Prag ausgeführte Arbeit von Dr. Friedrich Czapek, betitelt: »Zur Kenntniss des Milchsaftsystems der Convolvulaceen«.

Herr Dr. Stanislaus Klemensiewicz, Professor am k. k. Gymnasium in Rzeszow, übersendet eine Abhandlung: »Beiträge zur geographischen Verbreitung der Schmetterlinge in Galizien.«

Das w. M. Herr Hofrath Prof. C. Claus überreicht eine Abhandlung des Herrn Carl Grafen Attems in Wien, betitelt: »Die Copulationsfüsse der Polydesmiden.«

Ferner überreicht Herr Hofrath Claus eine Arbeit des Herrn A. König in Wien, unter dem Titel: »*Hemispeiropsis comatulae*, eine neue Gattung der Urceolariden.«

Das c. M. Herr Oberst A. v. Obermayer überreicht den Bericht über die im vorigen Jahre in Gemeinschaft mit Herrn Hauptmann A. Schindler im Auftrage der kaiserl. Akademie ausgeführte »Trigonometrische Höhenbestimmung des hohen Sonnblick, in der Goldberggruppe der hohen Tauern«.

Das c. M. Herr Prof. L. Gegenbauer überreicht eine Mittheilung des Herrn Prof. Dr. E. Kobald in Leoben über eine »Verallgemeinerung eines Appel'schen Satzes aus der Theorie der Wärmeleitung«.

Das c. M. Herr Prof. K. Grobben in Wien überreicht eine Abhandlung: »Zur Kenntniss der Morphologie, der Verwandtschaftsverhältnisse und des Systems der Mollusken.«

Herr Prof. Dr. Ed. Lippmann in Wien überreicht eine Abhandlung: »Über ein isomeres Jodmethyl-Brucin.«

Herr Dr. Gustav Jäger in Wien überreicht eine Abhandlung: »Über die Beziehung zwischen Helligkeit und Eigenbewegung der Fixsterne«.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

CIII. BAND. II. HEFT.

ABTHEILUNG III.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN UND DER THIERE, SOWIE AUS JENEM DER THEORETISCHEN MEDICIN.

IV. SITZUNG VOM 1. FEBRUAR 1894.

Der Vorsitzende gedenkt des Verlustes, welchen die kaiserliche Akademie und speciell diese Classe durch das am 25. Jänner l. J. erfolgte Ableben des wirklichen Mitgliedes Herrn Hofrath Prof. Dr. Emil Weyr erlitten hat.

Die anwesenden Mitglieder geben ihrem Beileide über diesen Verlust durch Erheben von den Sitzen Ausdruck.

Das Curatorium der Schwestern Fröhlich-Stiftung in Wien übermittelt die diesjährige Kundmachung über die Verleihung von Stipendien aus dieser Stiftung zur Unterstützung bedürftiger und hervorragender schaffender Talente auf dem Gebiete der Kunst, Literatur und Wissenschaft.

Herr Prof. Dr. A. Adamkiewicz in Wien übersendet eine Arbeit unter dem Titel: »Die Stauungspapille und ihre Bedeutung als eines Zeichens von gesteigertem Druck in der Höhle des Schädels«.

Herr Dr. Alfred Nalepa, Professor am k. k. Staatsgymnasium in Wien (IV. Bezirk), übersendet eine vorläufige Mittheilung über »Neue Gallmilben« (9. Fortsetzung).

Der Secretär legt folgende behufs Wahrung der Priorität eingesendete versiegelte Schreiben vor, und zwar:

Von Herrn Dr. Alexander Marmorek in Wien

1. »Neues Heilverfahren gegen die septischen Krankheiten«,
2. »Über den Ersatz der chirurgischen Drainage«;

ferner von Herrn Friedrich Strohmer, Vorstand der chemisch-technischen Versuchsstation des Centralvereines für

Rübenzucker-Industrie in der österreichisch-ungarischen Monarchie in Wien

3. »Beitrag zur Prophylaxis parasitärer Krankheiten der landwirthschaftlichen Culturpflanzen«.

Das w. M. Herr Prof. H. Weidel überreicht zwei im pharmacognostischen Institute der Universität Lemberg ausgeführte Arbeiten:

1. »Über die α-Epichlorhydrin-Verbindungen« von Prof. L. Niemiłowicz.
2. »Über eine neue pyknometrische Dichtebestimmungsmethode der weichen Fette« von Z. Zawalkiewicz.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Obermayer, A. v., Zur Erinnerung an Josef Stefan, k. k. Hofrath und Professor der Physik an der Universität in Wien. Wien und Leipzig, 1893; 8°.

V. SITZUNG VOM 8. FEBRUAR 1894.

In Verhinderung des Herrn Vicepräsidenten führt Herr Intendant Hofrath Ritter v. Hauer den Vorsitz.

Der Vorsitzende gedenkt des Verlustes, welchen die kaiserliche Akademie und speciell diese Classe durch das am 6. Februar l. J. in Abbazia erfolgte Ableben des wirklichen Mitgliedes Herrn Hofrath Prof. Dr. Theodor Billroth erlitten hat.

Die anwesenden Mitglieder geben ihrem Beileide über diesen Verlust durch Erheben von den Sitzen Ausdruck.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. Wiesner übersendet die dritte pflanzenphysiologische Mittheilung aus Buitenzorg unter dem Titel: »Über den vorherrschend ombrophilen Charakter des Laubes der Tropengewächse«.

Von dem k. u. k. Oberlieutenant Herrn Victor Dziubiński in Peterwardein wird ein versiegeltes Schreiben behufs Wahrung der Priorität eingesendet, welches die Aufschrift führt: »Gaskraft-Motor«.

Das w. M. Herr Hofrath A. Kerner v. Marilaun bespricht eine Abhandlung von Dr. E. v. Halácsy, welche den Titel führt: »Beiträge zur Flora von Epirus«.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Wilhelm Webers Werke, herausgegeben von der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. IV. Bd. Galvanismus und Elektrodynamik. II. Theil. Besorgt durch Heinrich Weber. (Mit 4 Tafeln und Abbildungen im Texte.) Berlin, 1894; 8°. — VI. Bd. Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Besorgt durch Friedrich Merkel und Otto Fischer. (Mit 17 Tafeln und Abbildungen im Texte.) Berlin, 1894; 8°.

VI. SITZUNG VOM 15. FEBRUAR 1894.

Das Executiv-Comité des unter dem Allerhöchsten Protectorate Sr. k. und k. apost. Majestät stehenden VIII. Internationalen Congresses für Hygiene und Demographie ladet die kaiserliche Akademie zur Theilnahme an diesem Congresse, welcher vom 1. bis 9. September d. J. in Budapest tagen wird, ein und übermittelt ein hierauf bezügliches vorläufiges Programm.

Das w. M. Herr Hofrath Ad. Lieben überreicht eine Abhandlung von Dr. Ad. Jolles in Wien, betitelt: »Das Margarin, seine Verdaulichkeit und sein Nährwerth im Vergleich zu reiner Naturbutter«.

Das w. M. Herr Prof. H. Weidel überreicht eine im I. chemischen Laboratorium der k. k. Universität in Wien von Dr. J. Herzig ausgeführte Arbeit: »Über Brasilin und Hämatoxylin«.

Das c. M. Herr Prof. L. Gegenbauer überreicht eine Abhandlung von Dr. K. Zsigmondy in Wien: »Über die Anzahl derjenigen ganzen ganzzahligen Functionen n-ten Grades von x, welche in Bezug auf einen gegebenen Primzahlmodul eine vorgeschriebene Anzahl von Wurzeln besitzen«.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Denkschriften der medicinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena. (3. Bd. II. Theil). Vergleichend-anatomische und entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen

an Walthieren, von W. Kükenthal. (Mit 12 Tafeln und 115 Abbildungen im Text.) Jena, 1893; 4⁰.

Mitscherlich Alexander, Erinnerung an Eilhard Mitscherlich 1794—1863. Berlin, 1894; 8⁰.

The collected Papers of Sir W. Bowman. (Vol. I and II.) Edited for the Committee of the »Bowman Testimonial Fund« by J. Burdon-Sanderson and J. W. Hulke. Presented by Harriet Lady Bowman. London, 1892; 4⁰.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

CIII. BAND. III. HEFT.

ABTHEILUNG III.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN UND DER THIERE, SOWIE AUS JENEM DER THEORETISCHEN MEDICIN.

VII. SITZUNG VOM 1. MÄRZ 1894.

Der Secretär legt das erschienene Heft I (Jänner 1894) des 15. Bandes der Monatshefte für Chemie, ferner das Register zum 14. Bande (Jahrgang 1893) dieser Monatshefte vor.

Das w. M. Herr Prof. L. Pfaundler übersendet eine Arbeit aus dem physikalischen Institute der k. k. Universität in Graz von Prof. Dr. I. Klemenčič: »Über die Magnetisirung von Eisen- und Nickeldraht durch schnelle elektrische Schwingungen«.

Das c. M. Herr Regierungsrath Prof. A. Weiss in Prag übersendet eine Arbeit von Dr. A. Nestler, Assistenten am pflanzenphysiologischen Institute der k. k. deutschen Universität daselbst, unter dem Titel: »Über Ringfasciation«.

Das c. M. Herr Director Th. Fuchs übersendet eine Abhandlung: »Über von der österreichischen Tiefsee-Expedition S. M. Schiffes „Pola" in bedeutenden Tiefen gedredschte *Cylindrites*-ähnliche Körper und deren Verwandtschaft mit *Gyrolithes*«.

Das w. M. Herr Hofrath Director F. Steindachner überreicht eine Abhandlung des Herrn Friedrich Siebenrock, Assistenten am k. k. naturhistorischen Hofmuseum in Wien, betitelt: »Das Skelet der *Lacerta Simonyi* Steind. und der Lacertidenfamilie überhaupt«.

Das w. M. Prof. H. Weidel überreicht eine im I. chemischen Laboratorium der k. k. Universität in Wien von Herrn Hans Meyer ausgeführte Untersuchung: »Über einige Derivate

der Picolinsäure und die Überführung derselben in α-Amidopyridin«.

Das w. M. Herr Prof. A. Schrauf überreicht eine in seinem Institute ausgeführte Arbeit des Herrn Adolf Stengel über die Krystallformen einiger neuen organischen Verbindungen, und zwar von Picolinsäureamid; Jodäthylpicolinsäureäthylester; Äthylpyridinchloridchloroplatinat; Amidopyridinchloroplatinat; Mesoweinsäurenitril; Bromlacton, Dibromid, Amid und Baryumsalz der Oxypropilidenbuttersäure.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Statistischer Bericht über die volkswirthschaftlichen Zustände des Erzherzogthums Österreich unter der Enns im Jahre 1890, erstattet an das k. k. Handelsministerium von der Handels- und Gewerbekammer in Wien. I. Bd. Gewerbestatistik. Wien, 1893.

VIII. SITZUNG VOM 8. MÄRZ 1894.

Der Secretär legt das erschienene Heft IX und X (November und December 1893) des 102. Bandes der Abtheilung II. b. der Sitzungsberichte vor.

Das c. M. Herr Prof. Skraup in Graz übersendet zwei im chemischen Institute der k. k. Universität in Graz ausgeführte Untersuchungen:

1. »Über propionylirte Schleimsäureester«, von P. Fortner und Zd. H. Skraup.
2. »Über die Umwandlung der Citraconsäure in Mesaconsäure«, von Dr. R. Franz.

Das w. M. Herr Prof. Sigm. Exner überreicht eine von Dr. J. Weidenfeld im physiologischen Institute der Wiener Universität ausgeführte Untersuchung, die den Titel trägt: »Versuche über die respiratorische Function der Intercostalmuskeln. II. Abhandlung. Sind die Intercostalmuskeln bei der Athmung thätig?«

Herr Dr. Gustav Jäger, Privatdocent an der k. k. Universität in Wien, überreicht eine Abhandlung: »Über die innere Reibung der Lösungen«.

Versuche über die respiratorische Function der Intercostalmuskeln

II. Abhandlung.

Sind die Intercostalmuskeln bei der Athmung thätig?

von

Dr. J. **Weidenfeld.**

Aus dem physiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.

In meiner ersten Abhandlung[1] habe ich die Frage offen gelassen, ob die Intercostalmuskeln bei der Athmung thätig sind. Durch den Nachweis, dass die Intercostalmuskeln bei ihrer Contraction immer eine Hebung respective Senkung der Rippen, und somit eine Erweiterung, beziehungsweise Verkleinerung des Thoraxraumes bewirken, ist noch nicht die Annahme gerechtfertigt, sie seien bei der Athmung wirklich activ betheiligt. Bedenkt man, dass wenigstens bei der forcirten Athmung alle Muskeln herangezogen zu werden scheinen, die mitzuhelfen vermögen, so wäre diese Annahme allerdings sehr nahe gelegen. Über diesen Punkt ist ebensowenig, wie über die Wirkung auf die Rippen eine Einigung der Ansichten erfolgt. Der eine Theil der Forscher schreibt den genannten Muskeln eine Function bei

---

[1] Weidenfeld: Versuche über die respiratorische Function der Intercostalmuskeln. I. Abhandlung: der Einfluss der Intercostalmuskeln auf die Capacität des Thorax. Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe. Band CI, Abtheilung III. Juli 1892, S. 421.

der Athmung zu (Galen,[1] Vesal,[2] Hamberger,[3] Haller,[4] Budge,[5] Duchenne,[6] Fick,[7]), während ein anderer diese bezweifelt oder bestreitet, dagegen ihnen die Function zuspricht, die Spannungsverhältnisse der Intercostalräume zu reguliren und bei der Drehung des Körpers mitzuwirken (Brücke,[8] Henle,[9] Lukjanow[10]). v. Ebner[11] glaubt an eine Betheiligung der Intercostalmuskeln bei der Respiration, und zwar hält er die Betheiligung der Intercostales externi für sicher, für die Intercostales interni lässt er die Frage offen; beide Muskelgruppen sollen aber bei der Drehung des Körpers mitwirken.

Die Untersuchung, wie sie hauptsächlich geübt wurde, konnte ihrer Art nach nicht leicht unzweideutige Resultate liefern. Sie bestand in der Blosslegung der Intercostalmuskeln und der Beobachtung ihres Verhaltens während der Athmung durch das Auge oder durch den Finger.

Die Bewegungen der Rippen, erzeugt durch andere Muskeln, müssen Veränderungen in der Lage und Spannung an den Intercostalmuskeln hervorrufen, die die Resultate der Beobachtungen trüben, oder ganz illusorisch machen können.

---

[1] Galen: I. 3. de causis respirationis. Omnia opera, prima classis p. 225, Venetiis 1541.

[2] Vesal: De corporis humani fabrica. Liber II, Cap. XXXV, p. 239. Opera omnia, herausgegeben von Boerhave 1725.

[3] Hamberger: De respirationis mechanismo et usu genuino una cum scriptis. Senae 1749.

[4] Haller: Elementa physiologiae III, p. 36.

[5] Budge: Über die Wirkungen der Musculi intercostales. Archiv für physiologische Heilkunde, I. Band. N. F. Jahrgang 1857, S. 63.

[6] Duchenne: Physiologie de mouvements, Paris 1867.

[7] Fick: Einige Bemerkungen über den Mechanismus der Athmung; Festschrift des Vereines für Naturkunde zu Cassel 1886. Separat-Abdruck.

[8] Brücke: Vorlesungen über Physiologie, S. 441, Wien 1875.

[9] Henle: Handbuch der Anatomie des Menschen, I. 3. S. 106.

[10] Lukjanow: Über die Veränderung der Intercostalräume bei der Respiration, als Beitrag zur Lehre von der Function der Intercostalmuskeln. Archiv für die gesammte Physiologie. XXX. Band, 1883, S. 82.

[11] v. Ebner: Versuche an der Leiche über die Wirkung der Zwischenrippenmuskeln und Rippenheber: Archiv für Anatomie und Physiologie (anatomische Abtheilung) 1881, S. 272.

Deswegen wurde in der Folge von manchen Autoren eine andere Methode in Anwendung gebracht. Dieselbe bestand darin, sämmtliche bei der Athmung betheiligten Muskeln auszuschalten und die Wirkung der so isolirten Intercostalmuskeln zu prüfen. Diese letzte Methode hätte vollkommen überzeugende Kraft, wenn die Ausschaltung sämmtlicher Muskeln controlirbar wäre.

In einer dritten Methode versuchte man aus den Veränderungen in der Stellung der Rippen auf die Wirkung der Intercostalmuskeln zu schliessen, eine Methode, die an Verlässlichkeit augenscheinlich weit hinter den zwei erstgenannten zu stehen kommt.

In keinem Falle waren die Methoden ausreichend, um zu unzweideutigen Resultaten zu gelangen, wie die noch heute bestehenden Meinungsverschiedenheiten zur genüge zeigen.

Eigene Beobachtungen.

Die Methoden, die ich anwendete, verfolgten den Zweck, erstens die Intercostalmuskeln der Beobachtung zugänglich zu machen, ohne dass die durch andere Muskeln besorgten Athembewegungen spannend oder entspannend auf dieselben wirkten, zweitens ihre activen Contractionen, wo sie auftraten zu registriren.

Im Ganzen stellte ich drei Untersuchungsreihen an. In den ersten zwei untersuchte ich, gleich anderen Autoren, mit dem Auge oder Finger; in einer dritten wendete ich einen Apparat an, von dem ich eine nähere Beschreibung später geben werde.

Die Methode der ersten zwei Untersuchungsreihen besteht im Principe im Folgenden.

In einem Intercostalraum wurde in der Ausdehnung von $1\frac{1}{2}$—2 *cm* ein Intercostalmuskel von seiner Insertion an de unteren Rippe, ferner von dem darunter oder darüber liegendenr anderen Intercostalmuskel, endlich vorne und hinten in der Richtung seiner Fasern von den Nachbarfasern desselben Muskels getrennt, so dass er als Lappen, nur mit der oberen Rippe und somit mit seinen Intercostalnerven in Verbindung, frei herabhing. Es ist klar, dass der abgetrennte Muskellappen dieselben Contractionserscheinungen darbieten muss, wie der

ganze Muskel. Ich will gleich hier bemerken, dass ich nur an Hunden experimentirte, weil diese den Vortheil grosser Intercostalmuskeln gewähren.

Versuchsanordnung: Nachdem das Thier mit Morphium narcotisirt und in herkömmlicher Weise befestigt war, wurde die Trachea eröffnet und eine Canüle eingebunden. Dieses geschah zum Zwecke eventueller künstlicher Respiration und zur Herstellung von Dyspnoë, somit von kräftigen Respirationsbewegungen. In die Vena jugularis wurde eine Canüle eingebunden, um dem während der Operation wieder munter werdenden Thiere Chloralhydrat injiciren zu können. Dann machte ich an dem bequem zurechtgelegten Thiere aussen vom Ansatz der Rippenknorpel und unter dem Rande des Musculus pectoralis major, bisweilen parallel den Rippen, bisweilen senkrecht zu ihnen einen tiefen Hautschnitt. Haut und Hautmuskeln wurden abpräparirt, worauf die Intercostalmuskeln frei lagen. War der Schnitt näher an der Wirbelsäule geführt, so mussten noch andere Muskeln wegpräparirt werden. Die Blutung war in allen Fällen sehr gering und leicht zu stillen, die Präparation sehr einfach.

Lag nun der Intercostalmuskel frei zu Tage, so wurde in oben beschriebener Weise ein Lappen von $1^1/_2$—2 *cm* Breite parallel zur Faserung des Musculus intercostalis externus oder internus frei präparirt. Diese Präparation musste sehr sorgfältig geschehen, wollte ich keinen Pneumathorax machen. In anderen Fällen schnitt ich die ganze Dicke des Muskellagers sammt der Pleura in der Richtung des Musculus intercostalis externus durch, wobei ein Pneumathorax gesetzt und die Wirkung der Musculi intercostales interni aufgehoben wurde.

Entstand absichtlich oder unabsichtlich bei der Operation ein Pneumathorax, so wurde sogleich die künstliche Athmung eingeleitet.

Erste Versuchsreihe. Beobachtungen durch Inspection.

I. Wenn man den frei präparirten Lappen, der aus Fasern des Musculus intercostalis externus bestand, betrachtete, so fiel auf, dass er passiv die Bewegungen der Thorax mitmachte und wie eine todte Masse hin und her gezogen wurde. Die Entfernung

seines unteren freien Endes von der nächsten Rippe wurde zwar mit jeder Inspiration grösser, aber augenscheinlich nur deshalb, weil sich die Rippen bei der Inspiration von einander entfernten.

Diese Erscheinungen änderten sich nicht wesentlich, wenn die Athmung angestrengter geschah, was durch Setzung eines Athmungshindernisses, durch Zuhalten der Respirationsöffnungen oder bei Vorhandensein des Pneumathorax durch Aussetzen der künstlichen Athmung leicht erzielt werden konnte.

Die übrigen Intercostalmuskeln, soweit sie freilagen, wurden während der Inspiration etwas eingezogen.

II. Wurde zur Probe auf die Contractionsfähigkeit des Muskellappens derselbe elektrisch gereizt, so zog er sich kräftig zusammen, indem er in der Faserrichtung beträchtlich kürzer und auffallend dicker wurde. Dieselbe Erscheinung trat ein, wenn ich die Reizung vom Nerven aus vornahm. Diese fast selbstverständliche Erscheinung zu beobachten war desshalb wünschenswerth, weil es von vorneherein unwahrscheinlich schien, dass selbst bei den in höchster Dyspnoë ausgeführten krampfhaften Respirationsbewegungen, die Intercostalmuskeln vollkommen schlaff bleiben sollten. Man musste desshalb daran denken, dass es vielleicht in ihrer Natur liege, nur sehr geringe Verkürzungen zu erfahren, oder dass diese Verkürzungen aus anderen Gründen der Beobachtung nicht leicht zugänglich wären.

III. Auch die elektrische Reizung eines in situ belassenen Intercostalmuskels in weiterer Ausdehnung bot ein anderes Bild dar, als das bei forcirter Respiration beobachtete. Während der Muskel früher gar keine Anzeichen einer Contraction zeigte und auch die Rippenbewegungen nicht auf eine Wirkung der Intercostalmuskeln schliessen liessen, wurde durch Reizung des Muskels die untere Rippe gehoben und um ein Beträchtliches nach aussen gedreht, wobei sich der Muskel um circa die Hälfte verkürzte, also den Zwischenrippenraum verschmälerte und merklich anschwoll.

Aus diesen Versuchen kann gefolgert werden, dass von einer Action der Intercostalmuskeln bei der Athmung nicht die

Rede sein kann, was mit den Resultaten Haller's[1] in Widerspruch steht.

Haller sah bei seinen Versuchen die Intercostalmuskeln während der Inspiration erröthen, sich verdicken, und zwar am oberen Rande mehr, als am unteren, so dass unter dem verdickten oberen Rande eine Grube sichtbar wurde. Beau und Maissiat,[2] die ebenso wie Haller an Hunden experimentirten, beobachten dieselbe Erscheinung, deuteten sie aber anders. Die während der Inspiration entstehende Grube fassten sie als eine Einziehung des erschlafften Intercostalmuskels auf, während Haller[3] dem oberen nicht eingezogenen Rande seine Aufmerksamkeit zulenkte und ihn als Ausdruck der Contraction betrachtete.

Haller sah auf Grundlage seiner Versuche die Intercostalmuskeln insgesammt als Inspiratoren an, während Beau und Maissiat[4] durch ihre Versuche zum Schlusse kamen, dass die Intercostalmuskeln nur bei forcirten Exspirationen (z. B. beim Schreien) in Action treten, indem sie nur in diesen Fällen eine Verschmälerung der Intercostalräume und ein Vorwölben (im Gegensatz zu der bei der Inspiration wahrnehmbaren Einziehung) beobachten konnten.

In meinen Versuchen konnte ich weder die eine noch die andere Ansicht bestätigt finden; die Intercostalmuskeln zeigten dasselbe Verhalten in allen Phasen und allen Änderungen der Respiration.

IV. Es ist klar, dass die Erscheinungen, die Haller an den Intercostalmuskeln bei der Respiration sah und die er auf ihre Action bezog, aufhören müssen, wenn der Nerv, der zu den Muskeln führt, durchschnitten wird. Bleiben aber diese Erscheinungen bestehen, dann müssen diese eine andere Ursache haben, als die, welche Haller annimmt.

---

[1] Haller, l. c.

[2] Beau und Maissiat: Recherches sur le mécanisme de mouvements respiratoires. Archiv général de méd. Paris 1842, Décembre p. 414, und 1843 p. 285 citirt nach Traube: Gesammelte Beiträge zur Pathologie und Therapie, I. Band, S. 136 Berlin 1871.

[3] Haller: l. c.

[4] Beau, Maissiat: l. c.

Die Durchschneidung eines Intervertebralnerven geschah weit nach rückwärts, in der Nähe der Wirbelsäule, damit jede Schädigung des Muskels selbst ausgeschlossen werde. Sie wurde mit einem einfachen Messerchen am unteren Rande der Rippe vorgenommen.

Nach der Durchschneidung des Nerven wurde sowohl bei gewöhnlicher, als bei angestrengter Athmung der Muskellappen ebenso, wie in den anderen Intercostalräumen passiv bewegt, ohne dass ein wesentlicher Unterschied vom früheren Verhalten constatirt werden konnte.

Zweite Versuchsreihe. Beobachtungen durch die Palpation.

Bei der Prüfung durch den Tastsinn verfuhr ich in anderer Weise, als Haller.

Haller[1] schreibt über seine Wahrnehmungen: »digitos etiam adposui nitentibus (sc. musculis) et tetigi indurationem illam, quae cum nixu fit, in quo musculosa actio maxime ponitur.«

Es liegt auf der Hand, dass unter diesen Umständen auch jede passive Spannung des Muskels als Erhärtung empfunden werden musste

Bei meiner Versuchsanordnung war die Prüfung mit dem Finger sehr leicht ausführbar und die Veränderungen, d. h. die Contractionen des Muskels leichter controlirbar, da der abgetrennte Muskellappen zwischen zwei Fingern gefasst werden konnte.

V. Die Versuchsanordnung blieb dieselbe, wie in den früheren Versuchen. Das zwischen zwei Fingern gefasste Muskelband zeigte keine Erhärtung und keine Anschwellung.

Dieselben Resultate erhielt ich, wenn das Thier in die heftigste Dyspnoë versetzt wurde.

Anders verhielt sich die Sache, wenn man zur Controle den Muskel reizte. Hier konnte man leicht mit den Fingern die Erhärtung und Schwellung des Muskellappens erkennen. Zahlreiche Versuche ergaben immer dasselbe Resultat.

---

[1] Haller: De respiratione experimenta anatomica. Gotting. 1747. Pars II, p. 29.

Es bleibt nach alle dem eine merkwürdige Thatsache, dass abgesehen von Haller[1] und manchen Anderen auch ein so ausgezeichneter Experimentator und Beobachter wie Traube[2] für die Action dieser Muskeln bei der Athmung mit Entschiedenheit eintritt. Ich suchte desshalb noch nach einer anderen Methode, durch welche man von dem Urtheile über die besehene und betastete Muskelmasse unabhängiger war, und fand sie in einem Kunstgriff, den Prof. Exner[3] bei einer seiner Arbeiten angewendet hatte und der das Ziel verfolgte, Muskelverkürzungen am lebenden Thiere auch dann noch aufzuschreiben, wenn der als Muskelursprung dienende Knochen selbst Bewegungen ausführt. Hier handelte es sich also darum, eine auftretende Verkürzung des Intercostalmuskellappens schreiben zu lassen, auch wenn die Rippe bei den Athemzügen lebhaft auf und niederging.

Ich bediente mich also eines Apparates, der im Wesentlichen aus einer Trommel von Aluminium (der Leichtigkeit des Metalls wegen) bestand, die in ganz ähnlicher Weise, wie die gewöhnlichen Marey'schen Tamboures gebaut war. Diese Trommel diente zur Aufnahme der Muskelbewegungen und stand durch einen Schlauch mit einer Schreibtrommel in Verbindung, die ihrerseits auf einem Kymographion schrieb.

Die Aufnahmstrommel wurde an der Rippe, mit der der Muskellappen in Verbindung war, durch eine Klemmvorrichtung fixirt. Diese bestand aus $1^1/_2$ *cm* langen, $1^1/_2$ *cm* breiten und 2 *mm* dicken Messingplättchen, welche durch drei Schrauben miteinander in Verbindung waren. Zwei derselben gestatteten mit Hilfe von Muttern die Plättchen an einander zu schrauben, und so die zwischengeschobene Rippe einzuklemmen, die dritte Schraube hatte ihr Muttergewinde in dem einen Plättchen und stemmte sich mit ihrem stumpfen Ende gegen das zweite. Da die drei Schrauben im Dreieck standen, wurde so eine mögliche Drehung der Platte um ihre Berührungslinie mit der gewölbten Rippe verhütet. Die beiden Platten waren an ihren einander zugekehrten Flächen gezähnt.

---

[1] Haller: l. c.

[2] Traube: l. c.

[3] Exner: Zur Kenntniss von den Wechselwirkungen der Erregung im Centralnervensystem. Archiv für die gesammte Physiologie, Band XXVIII, S. 487.

Durch diese drei Schrauben konnten die Plättchen an der Rippe vollkommen festgeklemmt werden, wobei die Rippe von der dem Kopfe zugewendeten Kante her wie mit einer Flachzange gefasst wurde, deren Branchen etwa bis in die halbe Rippenbreite reichen. An dem äusseren Blättchen war ein dicker Messingdraht fest angebracht, der durch ein System von kleinen Kreuzköpfen und Stängelchen die Aufnahmstrommel trug. Mit Hilfe dieser konnten die Spannungs- und nothwendigen Abstandsverhältnisse, die die Befestigung des Muskels an die Membran der Trommel erheischten, geregelt werden.

Versuchsweise: Nachdem das Thier, wie in den früheren Versuchen narcotisirt, aufgebunden und tracheotomirt war, wurde an den freigelegten Intercostalmuskeln ein Schnitt knapp am oberen Rande einer Rippe gemacht. Mit einem stumpfen Raspatorium wurde von der hinteren Fläche der Rippe die Pleura und Fascie abgelöst und nun die eben beschriebene Klemme eingelegt. Hierauf wurde durch zwei parallele Schnitte ein $1^{1}/_{2}$—2 *cm* breiter Muskellappen aus dem an dieser Rippe entspringenden Intercostalmuskel gewöhnlich in der Richtung des Musculus intercostalis externus herausgeschnitten und von seinem unteren Ansatze (mit Periost oder einer schmalen Spange der Rippe) befreit, wobei der Pleuraraum eröffnet oder verschont bleiben konnte. Durch eine kleine Pincette und durch ein aus feinem Drahte gemachtes Häkchen wurde der Muskellappen an die Aufnahmstrommel befestigt, und diese nun durch einen Schlauch mit der Schreibtrommel in Verbindung gesetzt. Sonst geschah alles in der bei den früheren Versuchen beschriebenen Weise. Auch hier wurde bei Eröffnung des Pleuraraumes die künstliche Athmung eingeleitet. Die ganze Präparation dauerte anfangs eine halbe Stunde, später bei grösserer Übung nicht mehr als 8—10 Minuten.

Die Resultate, die ich zuerst erzielt, waren ungenügend. Die Rippenbewegungen, deren Wirkung ich durch diesen Apparat gerade ausschalten wollte, machten sich geltend und trübten jedes Resultat. Doch gelang es mir später bis auf ein Minimum diese Störung zu corrigiren. Ich überzeugte mich nämlich bald, dass selbst geringe seitliche Adhäsionen des frei präparirten Muskellappens genügten, um bei Bewegung der Rippe Aus-

schläge auf der Kymographiontrommel zu veranlassen. Es gelang mir diese Fehler, besonders bei einer gewissen Breite des Lappens, zu vermeiden. Doch war ich der Sache nie so sicher, um eine Controle der richtigen Application entbehren zu können. Diese war leicht auszuführen.

Die mit dem Apparat armirte Rippe wurde mit einer Zange gefasst und in einer der Athmung entsprechenden Weise in übertriebener Art hin- und herbewegt. Wenn der Schreiber auf die Kymographiontrommel trotzdem eine gerade Linie schrieb, so konnte mit Bestimmtheit angenommen werden, dass jeder Ausschlag des Schreibstiftes auf eine Contraction des Muskellappens zu beziehen ist. In der That erhielt man bei Reizung des Lappens selbst, oder seines Nerven die deutlichsten Contractionscurven.

Dritte Versuchsreihe. Beobachtungen durch den Apparat.

VI. Der Apparat wurde in beschriebener Weise an einer Rippe (meistens war es die vierte, fünfte oder sechste) des narcotisirten Thieres befestigt.

Der Schreiber schrieb, wenn das Thier ruhig athmete, eine gerade Linie. Wurde durch Verstopfung der Respirationsöffnungen oder durch Aussetzung der künstlichen Athmung das Thier in Dyspnoë versetzt, so schrieb der Schreiber wieder eine gerade Linie, wenn auch das Thier die heftigsten Athembewegungen machte.

Dieser Versuch zeigt in gleicher Weise, wie die früheren, dass sowohl bei gewöhnlicher ruhiger, als auch bei forcirter Athmung die Intercostalmuskeln sich nicht contrahiren.

Es ist kaum nöthig zu erwähnen, dass die Schreibvorrichtung von hinlänglicher Empfindlichkeit war, um auch die kleinsten Änderungen in der Länge des Muskels zu registriren, die etwa doch in Folge der Bewegung des Lappens dem beobachtenden Auge hätten entgangen sein können.

Ich will aber hier bemerken, dass einigemale bei den heftigsten dyspnoëtischen Bewegungen des Thieres der Schreiber auf die Kymographiontrommel sehr flache Curven schrieb. Dieselben rührten, wie ich mich überzeugen konnte, aber doch von einer schlechten Adaptirung des Apparates her. Denn sie

blieben in gleicher Weise bestehen, nachdem ich den Nerven auf früher beschriebene Weise durchtrennt hatte. Ich glaube, es sei überflüssig zu bemerken, dass die durch Reizung des Muskels geschriebenen Curven ein ganz anderes Bild gewährten, als die eben erwähnten.

Ganz ähnliche Ergebnisse erhielt ich, wenn ich meinen Muskellappen aus dem Musculus intercostalis internus gebildet hatte.

Ich gestehe, dass das Resultat zu dem ich gelangte für mich ein überraschendes war. Das Gegentheil desselben hatte ich erwartet. Es hat in der That etwas Wunderbares, wenn man ein Thier vor sich hat, das in der höchsten Athemnoth die intensivsten Pumpbewegungen ausführt, die Rippen mit voller Kraft auf und abbewegt, und man mit allen Hilfsmitteln gerade die Intercostalmuskeln immer in ihrem schlaffen Zustand vorfindet. Umsomehr wenn man schon weiss, dass ihre Action wenigstens ein kleines Schärfchen zu dieser Arbeit beitragen könnte. Trotzdem glaube ich nach allen diesen Versuchen mit Bestimmtheit behaupten zu können, dass die Intercostalmuskeln beim Athmungsact nicht betheiligt sind, obwohl sie ihrer Insertion und Verlaufsrichtung nach, wie ich in der ersten Abhandlung zeigte, im Stande wären, Bewegungen im Sinne sowohl einer Inspiration als auch einer Exspiration zu vollführen. Es bleibt desswegen eine ungelöste Frage, warum diese Muskeln bei der Fähigkeit Respirationsbewegungen zu machen, doch nicht automatisch bei der Athmung angeregt werden. Dass sie aber in anderen Fällen thätig sein müssen, wahrscheinlich also bei den Drehbewegungen des Thorax, zeigt ihre häufig sehr kräftige Entwicklung, die bei stetiger Unthätigkeit nicht vorhanden sein könnte.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

CIII. BAND. IV. HEFT.

ABTHEILUNG III.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN UND DER THIERE, SOWIE AUS JENEM DER THEORETISCHEN MEDICIN.

IX. SITZUNG VOM 5. APRIL 1894.

Der Vorsitzende gibt Nachricht von dem am 17. März l. J. erfolgten Ableben des inländischen correspondirenden Mitgliedes dieser Classe, Herrn Regierungsrath Prof. Dr. Gustav Adolph Weiss in Prag.

Die anwesenden Mitglieder geben ihrem Beileide durch Erheben von den Sitzen Ausdruck.

Der Secretär legt das erschienene Heft VIII—X (October bis December 1893), Abtheilung I, und das Heft IX—X (November und December 1893), Abtheilung II. a., des 102. Bandes der Sitzungsberichte, ferner das Heft II (Februar 1894) des 15. Bandes der Monatshefte für Chemie vor.

Der Magistrat der k. k. Reichshaupt- und Residenzstadt Wien spricht der kaiserl. Akademie den Dank aus für das demselben übermittelte Gutachten über den neuesten Stand der Blitzableiterfrage.

Herr Prof. Dr. V. Hilber in Graz dankt für die ihm zu einer zweiten geologischen Forschungsreise nach Thessalien und Macedonien bewilligte Subvention; desgleichen dankt Herr Custos Dr. Günther Ritter Beck v. Mannagetta für die ihm bewilligte Reisesubvention zur Durchführung seiner botanischen Forschungen im nordwestlichen Theile der Balkanhalbinsel.

Das c. M. Herr Regierungsrath Prof. C. Freiherr v. Ettingshausen übersendet eine Arbeit aus dem phyto-paläontologi-

schen Institute der k. k. Universität in Graz: »Über atavistische Blattformen des Tulpenbaumes«, von Adolf Noé v. Archenegg.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

1. »Das Potential der inneren Kräfte und die Beziehungen zwischen den Deformationen und den Spannungen in elastisch isotropen Körpern bei Berücksichtigung von Gliedern, die bezüglich der Deformationselemente von dritter, beziehungsweise zweiter Ordnung sind« (II. Theil), von Prof. Dr. J. Finger an der k. k. technischen Hochschule in Wien.
2. »Über die Unterkühlung von Flüssigkeiten« (II. Mittheilung), von Prof. Dr. O. Tumlirz an der k. k. Universität in Czernowitz.
3. »Zur Theorie der partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung«, von Prof. Em. Czuber an der k. k. technischen Hochschule in Wien.
4. »Über die Integration der partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung«, von A. J. Stodolkiewitz, Gymnasialprofessor in Plotzk (Polen).

Ferner legt der Secretär zwei versiegelte Schreiben behufs Wahrung der Priorität vor, und zwar:

1. Von Herrn Franz Müller in Siegenfeld, mit der Aufschrift: »Neuerung an Verkehrsmitteln«;
2. von Prof. Dr. A. Wassmuth in Graz mit der Aufschrift: »Über die Anwendung des Princips des kleinsten Zwanges auf die Elektrodynamik«.

Herr Dr. Alfred Nalepa, Professor am k. k. Staatsgymnasium im IV. Bezirke in Wien, übersendet eine vorläufige Mittheilung: »Eine neue Phytoptiden-Gattung«.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. Ad. Lieben überreicht eine von Herrn Prof. Dr. R. Přibram übersandte Arbeit aus dem

chemischen Laboratorium der Universität zu Czernowitz: »Zur Kenntniss des Resacetophenons«, von A. Wechsler.

Ferner überreicht Herr Hofrath Lieben zwei von Herrn Prof. Dr. Guido Goldschmiedt übersendete Arbeiten aus dem chemischen Laboratorium der k. k. deutschen Universität in Prag:

1. »Über einige Derivate der Veratrumsäure und des Veratrols«, von Dr. Wilhelm Heinisch.
2. »Über die trockene Destillation des Kalksalzes der Diäthylprotocatechusäure«, von Dr. Wilhelm Heinisch.

Endlich überreicht Herr Hofrath Lieben eine von dem Director der Versuchsanstalt für Photographie, Herrn J. M. Eder, eingesandte Arbeit des Herrn Eduard Valenta: »Über die Löslichkeit des Chlor-, Brom- und Jodsilbers in verschiedenen anorganischen und organischen Lösungsmitteln«.

Das w. M. Herr Prof. A. Schrauf überreicht eine in seinem Institute ausgeführte Arbeit des Herrn Adolf Stengel: »Über die Krystallform des Tetramethylbrasilin [$C_{16}H_{10}O_5(CH_3)_4$]«.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. C. Toldt legt eine Abhandlung vor, betitelt: »Die Formbildung des menschlichen Blinddarmes und die *Valvula coli*«.

Das c. M. Herr Prof. L. Gegenbauer überreicht eine Mittheilung des Herrn F. Hasenöhrl: »Über das quadratische Reciprocitätsgesetz«.

Herr Dr. Eduard Freiherr v. Haerdtl, Professor an der k. k. Universität zu Innsbruck, überreicht eine Abhandlung unter dem Titel: »Entdeckung der Ursache der Nichtübereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtungen des Mondes«.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Adamkiewicz, A., Tafeln zur Orientirung an der Gehirnoberfläche des lebenden Menschen bei chirurgischen Operationen und klinischen Vorlesungen. (Mit deutschem, französischem und englischem Text.) Zweite unveränderte Auflage. Wien, 1894; Folio.

Staggemeier, A., First Part of the General-Maps for the Illustration of Physical Geography. (Contain five tables marked: I—V.) Copenhagen, 1893; Folio.

Die Formbildung des menschlichen Blinddarmes und die Valvula coli

von

C. Toldt,

w. M. k. Akad.

(Mit 3 Tafeln.)

Die Thatsache, dass Blinddarm und wurmförmiger Fortsatz des Menschen gemeinschaftlich aus einer gleichen embryonalen Anlage hervorgehen wie der Blinddarm der Säugethiere, ist schon von Oken[1] und J. F. Meckel[2] gelehrt, später durch J. Gerlach[3] bestätigt und von den Anatomen allgemein festgehalten worden. Eine abweichende, von A. Tarenetzky[4] geäusserte Anschauung, nach welcher jener embryonalen Anlage beim Menschen nur der wurmförmige Fortsatz entstamme, und dieser in den frühesten Entwicklungsstufen aus jenem Theile des Dickdarmes hervorgehe, welcher dem Colon ascendens entspricht, der Blinddarm aber erst später — in der ersten Hälfte des 3. Embryonalmonates — in die Erscheinung trete, diese Anschauung ist völlig vereinzelt geblieben.

---

[1] Oken, Beiträge zur vergleichenden Zoologie, Anatomie und Physiologie. 1806 und 1807.

[2] J. F. Meckel, Bildungsgeschichte des Darmcanals der Säugethiere und namentlich des Menschen. Deutsches Archiv für die Physiologie, III. Bd. (1817), S. 1. Ausserdem mehrere vorausgegangene Abhandlungen.

[3] J. Gerlach, Zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Wurmfortsatzes. Mittheil. der physik.-med. Societät zu Erlangen, I. Bd., 2. Heft, S. 7 (1859).

[4] Tarenetzky, Beiträge zur Anatomie des Darmcanals. Mém. de l'Acad. imp. des sciences de St. Pétersbourg, VII. sér. Tome 18 (1887).

Was uns bisher mangelt, ist ein näherer Einblick in die Vorgänge, unter welchen sich der menschliche Blinddarm allmälig heranbildet und seine bleibende Gestalt erlangt. Ich habe mich in letzter Zeit mit diesem Gegenstand eingehend beschäftigt und theile nun meine Beobachtungen mit, weil dieselben nicht nur für die Beurtheilung der Formverhältnisse des Blinddarmes eine gute Grundlage bieten, sondern auch eine scharfe natürliche Grenzbestimmung des Blinddarmes gegen das Colon ascendens ergeben und überdies die Entstehung und den Bau der Valvula coli verständlich machen.

Das Materiale für diese Untersuchungen war ein hinreichend grosses; denn ich konnte zu denselben die Blinddärme aus mehr als 200 Leichen erwachsener Personen und überdies von zahlreichen Kindern und Embryonen der verschiedensten Altersstufen verwenden. In Betreff der Behandlung des Materiales scheint es mir nicht unwichtig, schon vorhinein zu bemerken, dass aufgeblasene und getrocknete Blinddärme, welche gewöhnlich in den Anatomien benützt werden, nur eine sehr unvollkommene und keineswegs immer verlässliche Anschauung von den Formverhältnissen geben. Um einen Blinddarm gut zu trocknen, muss man ihn möglichst stark ausdehnen; dadurch können mancherlei, zum Theil auch von der Vorbehandlung abhängige Formveränderungen gesetzt werden. Im besten Falle erhält man eben die Form des auf's äusserste gedehnten Objectes. Um in jedem Falle so weit als möglich die natürliche Form zu erhalten, habe ich die Blinddärme entweder in dem vorgefundenen Füllungszustand, oder wenn sie schon in der Leiche sehr stark ausgedehnt waren, nach Ausspülung mit wässeriger Pikrinsäurelösung in eine Conservirungsflüssigkeit gebracht. In dem letzteren Falle habe ich auch eine Quantität dieser letzteren mittelst eines Trichters eingegossen, jedoch niemals bis zur prallen Füllung. Nach einigen Tagen wurde zur Präparation geschritten, das fertige Präparat dann in verdünntem Alkohol aufbewahrt und bei jedesmaliger Verwendung mit letzterem erfüllt. Als Conservirungsflüssigkeit eignete sich am besten, insbesondere auch mit Rücksicht auf die Darstellung der Muskulatur, eine concentrirte wässerige Lösung von Pikrinsäure. In letzter Zeit habe ich

auch eine einprocentige Lösung der käuflichen Formalinflüssigkeit verwendet, und zwar fand ich dieselbe sehr geeignet und bequem, wenn es sich nur um die Erhaltung der äusseren Form handelte. Behufs Untersuchung der Valvula coli habe ich die Blinddärme nach hinreichender Imprägnation mit Pikrinsäure in 80—85 gradigem Alkohol erhärtet. Für jüngere Embryonen genügten die gewöhnlichen Conservirungsmethoden.

Die Formbildung des Blinddarmes.

Für die zunächst folgenden Schilderungen nehme ich jene Entwicklungsstufe des Darmes zum Ausgangspunkt, welche dem menschlichen Embryo in der 6. Woche zukommt. Ich kann mich bezüglich derselben ganz kurz fassen, weil sie infolge der Arbeiten der oben genannten Forscher allgemein bekannt und auch von mir selbst[1] schon beschrieben und abgebildet worden ist. Die Anlage des Blinddarmes und des wurmförmigen Fortsatzes erscheint um diese Zeit als ein kurzer, höckerförmiger Anhang des rücklaufenden Schenkels der Nabelschleife, welcher diesem an der dem Gekrösansatz gegenüberliegenden Seite aufsitzt. Das blinde Ende desselben ist gegen den Scheitel der Nabelschleife gekehrt. Seine Längsrichtung fällt mit der Richtung des Dickdarmes zusammen und weicht nur um ein geringes von der Längsrichtung des Dünndarmtheiles des rücklaufenden Schleifenschenkels ab (Fig. 1). An der Stelle, wo sich dieser Anhang von dem Darme abzweigt, ist dieser letztere etwas erweitert, die Mesodermschichte der Darmwand etwas verdickt. Alle Schichten der Darmwand gehen unverändert in den Anhang selbst über.

Bei einem Embryo aus der 7. Woche fand ich diesen Anhang schon erheblich verlängert und leicht gegen den Dünndarm abgebogen (Fig. 2). Zu diesem in spitzem Winkel eingestellt, verlief er im Übrigen in der Richtung des angrenzenden Abschnittes des Dickdarmes. Die Lichtung des Anhanges war im Anfangsstück auffallend erweitert, verengte sich dann trichterförmig, um weiterhin in gleichbleibendem Caliber sich bis an

---

[1] C. Toldt, Bau und Wachsthumsveränderungen der Gekröse des menschlichen Darmcanales. Denkschr. d. kais. Akad. d. Wiss. Bd. XLI (1879).

das blinde Ende hin fortzusetzen. An der Stelle, wo sich die trichterförmige Verengerung befand, war an der Aussenseite des Anhanges eine seichte Einziehung zu bemerken. Diese letztere, zusammenfallend mit der Verjüngung der Lichtung, gestattet schon in dieser Entwicklungsstufe eine scharfe Abgrenzung der Blinddarmanlage gegen den wurmförmigen Fortsatz.

In dieser und den nächstfolgenden Entwicklungsstufen fällt ganz besonders die verhältnissmässig bedeutende Längenzunahme des Darmanhanges auf, welche aber ganz vorzugsweise den wurmförmigen Fortsatz betrifft. Während der ganze Darmanhang in der 6. Woche eine Länge von 0·34 *mm* besass, war er in der 7. Woche schon auf 1·8 *mm*, in der 8. Woche auf 3·7 *mm* Gesammtlänge herangewachsen; davon entfallen in der 7. Woche 1·1 *mm*, in der 8. Woche 2·8 *mm* auf den wurmförmigen Fortsatz; die Länge der Blinddarmanlage hatte hingegen von der 7. zur 8. Woche nur um 0·2 *mm* zugenommen (Fig. 1—3).

In die 8. bis 10. Woche des Embryonallebens fällt eine sehr wichtige Veränderung des Darmanhanges, welche unmittelbar zu einer scharfen Abgrenzung des Blinddarmes gegen das Colon und zur Entwicklung der Valvula coli führt. Es ist dies eine Abknickung des ganzen Darmanhanges gegen die Seite des Dünndarmes hin, vermöge welcher seine Längsaxe anfangs in stumpfem, dann in rechtem und endlich in spitzem Winkel zur Längsrichtung des angrenzenden Dickdarmstückes eingestellt erscheint. Die Knickungsstelle selbst entspricht genau der Einmündung des Dünndarmes in den Dickdarm (Fig. 5, 6, 7).

Die Blinddarmanlage, d. i. das erweiterte Anfangsstück des Darmanhanges, bildet nun an der Knickungsstelle eine vortretende Wölbung, von welcher aus sich der Blinddarm unter allmäliger Verjüngung um die dem Gekrösansatz gegenüberliegende Seite des Dünndarmendes herum auf die dorsale Seite des letzteren umbiegt, um daselbst in den wurmförmigen Fortsatz überzugehen. Der Eintritt des Dünndarmes in den Dickdarm ist daher nur mehr von der ventralen Seite aus zu sehen, da er dorsal von dem abgebogenen Darmanhang bedeckt wird.

An der dorsalen Seite tritt hingegen um so deutlicher die Knickungsfurche hervor, welche die Blinddarmanlage von dem Colon abgrenzt.

Die beschriebene Abknickung ist, als eine sehr auffallende und regelmässige Erscheinung, schon lange bekannt und ist auch schon wiederholt abgebildet worden; allein sie hat hinsichtlich ihrer Bedeutung für die weitere Ausbildung und für die bleibende Gestalt des Blinddarmes noch nicht die nöthige Würdigung erfahren. Tarenetzky, welcher sie am ausführlichsten schildert, hat sie irrthümlich auf eine Abbiegung des wurmförmigen Fortsatzes bezogen.

Die Zeit, in welcher diese Abknickung einzutreten pflegt, ist nach meinen Beobachtungen in der Regel die 8. Embryonalwoche; doch sind mir auch Embryonen vorgekommen, welche nach allen Umständen und im Vergleich mit anderen in die 9. und 10. Woche versetzt werden mussten, doch aber einen völlig gerade gestreckten, sehr langen Darmanhang zeigten (Fig. 4).

Bei Embryonen aus allen späteren Entwicklungsstufen ist der Blinddarm sowohl im contrahirten, als im ausgedehnten Zustand von kegelförmiger Gestalt und glatter Oberfläche, ohne Andeutung von Haustra; er verjüngt sich ganz allmälig bis zum Übergang in den wurmförmigen Fortsatz. Regelmässig ist er gegen das Colon in einem spitzen Winkel derart abgeknickt, dass sein verjüngtes Ende an die dorsale Seite des Ileum zu liegen kommt; dem entsprechend grenzt er sich dorsal durch eine tiefe, schräg nach unten verlaufende Furche von dem Colon ab (Fig. 8 und 9). Der Grad dieser Abknickung ist individuell etwas verschieden und zum Theile von den Lageverhältnissen des Blinddarmes, ja auch von der Lage und Richtung des wurmförmigen Fortsatzes abhängig. An ausgedehnten Blinddärmen erscheint die Abknickung im Allgemeinen schärfer als an zusammengezogenen. Nicht sehr selten findet sich auch bei älteren Embryonen und bei geburtsreifen Früchten ein Knickungswinkel von etwa 90° und darüber, ja in vereinzelten Fällen war die Abknickung nur eine sehr geringe (Fig. 20), so dass der Blinddarm nahezu in fortlaufender Richtung mit dem angrenzenden Theil des Colon ein-

gestellt war; in diesen Fällen war auch die Furche, welche ihn von dem letzteren abgrenzte, nur eben angedeutet.

Den wurmförmigen Fortsatz finde ich schon bei vollkommen ausgetragenen Früchten von sehr verschiedener Länge. In 15 gemessenen Fällen betrug sie bei solchen zwischen 3·6 und 7·4 *cm*. Eine Länge von 6—6·5 *cm* habe ich 11mal notirt. Die oben erwähnte seichte Furche, welche von der 7. bis in die 10. Embryonalwoche die Übergangsstelle des Blinddarmes in den wurmförmigen Fortsatz stets deutlich kennzeichnet, ist bei älteren Embryonen häufig nicht mehr vorhanden; hingegen ist der letztere an oder in unmittelbarer Nähe der Übergangsstelle gewöhnlich scharf gegen den Blinddarm abgebogen und in seinem weiteren Verlauf verschiedentlich gekrümmt. Die Übergangsstelle selbst liegt in allen Fällen, in welchen die gesetzmässige Abknickung des Blinddarmes gegen das Colon vorhanden ist, an der dorsalen Seite des Dünndarmendstückes, bei sehr scharfer Abknickung sogar oberhalb desselben. Lage und Richtung des wurmförmigen Fortsatzes sind wegen seiner wechselnden, meist mehrfachen Biegungen sehr verschieden. Sein Anfangsstück liegt gewöhnlich medial von dem Colon ascendens, an der dorsalen Seite des Gekröses, und ist häufig mit diesem oder mit dem parietalen Bauchfell vor der rechten Niere oder unterhalb derselben verwachsen. In manchen Fällen hat der ganze wurmförmige Fortsatz seine Lage an der dorsalen Seite des Gekröses oder theilweise auch des Colon ascendens; nicht selten steigt er an der medialen Seite des letzteren eine Strecke weit ganz gerade nach oben und ist zwischen dem Mesocolon ascendens und dem Peritoneum parietale eingewachsen. Ein solcher Zustand, welcher gelegentlich auch beim Erwachsenen zur Beobachtung kommt und dann mit aussergewöhnlicher Länge des wurmförmigen Fortsatzes vergesellschaftet zu sein pflegt, übt eine sichtliche Rückwirkung auf die Einstellung des Blinddarmes gegen das Colon; denn der erstere ist dann so stark gegen das letztere abgeknickt, dass die Richtung beider geradezu parallel wird. Immerhin aber bildet es die Mehrzahl der Fälle, dass sich der wurmförmige Fortsatz hinter dem Dünndarmende nach unten abbiegt und mit einem kleineren oder grösseren Stücke unter dem Blinddarm hervorragt. In jenen

Ausnahmsfällen, in welchen der Blinddarm nur sehr wenig gegen das Colon abgeknickt war, lag die Ursprungsstelle des wurmförmigen Fortsatzes lateral und unten von dem steil an den Blinddarm ansteigenden Endstück des Dünndarmes frei vor; bald aber bog er sich medial ab, um in einem Falle sich gegen das Becken herab zu senken, in den anderen Fällen sich hinter den Dünndarm emporzukrümmen.

Von Wesenheit ist das Verhalten des Dünndarmendes zu dem Blinddarm. Von dem Momente an, als die Abknickung des Blinddarmes gegen das Colon eingetreten ist, stellt sich das Endstück des Ileum zu dem Dickdarm ausnahmslos so ein, dass es mittelst einer mehr oder weniger scharfen Biegung in die Richtung der Knickungsfurche kommt. Das unmittelbar vor dieser Biegung gelegene Stück des Ileum lagert sich an die mediale Wand[1] des Blinddarmes an und verwächst mit dieser. Die angewachsene Fläche des Dünndarmes ist umso grösser, je geringer die Abknickung des Blinddarmes ist. Unter allen Umständen kommt also das Ileum von unten her an die Knickungsfurche heran, um sich in dieselbe mit einer nach oben convexen Krümmung einzusenken. Der Eintritt des Dünndarmes in den Dickdarm erfolgt übrigens nicht in rein frontaler Richtung, sondern etwas schief von der dorsalen Seite her.

Unter den Veränderungen, welche der Blinddarm nach der Geburt, während der ersten Lebensjahre erfährt, ist vor Allem die Ausbildung der Taeniae zu nennen. In den ersten Monaten nach der Geburt sind sie am Blinddarm noch nicht so deutlich gesondert wie an den angrenzenden Theilen des Grimmdarmes, prägen sich aber noch im Laufe des ersten Halbjahres auch hier schärfer aus und laufen gegen die Spitze des kegelförmigen Blinddarmes zusammen. Es erscheint dann zunächst zwischen Taenia anterior und lateralis eine Reihe von

---

[1] Da die Einstellung des Blinddarmes zu den Orientirungsebenen des Leibes während der embryonalen Lageveränderungen des Dickdarmes mehrfach wechselt und auch beim neugeborenen Kinde keineswegs ganz constant ist, so werde ich zur Vermeidung von Missverständnissen die Bezeichnungen: ventral, dorsal, medial, lateral ohne Rücksicht auf die momentane Lage des Blinddarmes stets in dem Sinne gebrauchen, wie sie dem gesetzmässigen bleibenden Zustande entsprechen.

Haustra, von welchen das kleinste, am nächsten dem wurmförmigen Fortsatz gelegene zuerst auftritt. Das Verhalten dieser Haustra, sowie überhaupt die Formverhältnisse des Blinddarmes sind aber je nach dem Ausdehnungszustand sehr verschieden.

In der 2. Hälfte des 1. Lebensjahres erscheint der Blinddarm, wenn er vollständig leer und contrahirt ist, in scharfem Winkel gegen das Colon ascendens abgeknickt und schräg über die dorsale Fläche des Ileum hingelagert (Fig. 10). Im Vergleich zu dem geburtsreifen Foetus ist er nicht unbeträchtlich länger geworden; er verschmälert sich aber von dem Knickungswinkel an zunächst nur sehr wenig, um erst nahe dem wurmförmigen Fortsatz sich rascher zu verjüngen. Die Übergangsstelle in diesen letzteren, sowie die erwähnte Reihe der Haustra zwischen Taenia anterior und lateralis sind deutlich ausgeprägt. Andere Haustra sind noch nicht zu bemerken.

Von dem 2. bis zum 4. Lebensjahre findet man den Blinddarm noch recht häufig in völlig contrahirtem Zustand. Seine Gesammtform unterscheidet sich dann nur wenig von der eben beschriebenen (Fig. 11, 12). Die Taeniae erreichen ihre vollkommene Ausbildung, und das zwischen der Taenia anterior und dem Dünndarmende, sowie auch das zwischen Taenia mesenterica und lateralis gelegene Wandgebiet baucht sich etwas mehr vor. In einzelnen Fällen hatte an diesen Orten bereits die Bildung von Haustra begonnen; in anderen Fällen waren solche nur andeutungsweise zwischen den quer über den Darm verlaufenden Gefässzweigen vorhanden, oder sie fehlten auch gänzlich.

War der Blinddarm in ausgedehntem Zustande, so zeigte er in den ersten Lebensmonaten noch stets eine ausgeprägte Kegelform (Fig. 21), jedoch fand sich an der dem Dünndarm zugekehrten Wandseite eine etwas stärkere Vorbauchung. Schon in der 2. Hälfte des 1. Lebensjahres aber ist der gefüllte Blinddarm mehr oder weniger gerundet, entweder von demselben Caliber wie das ausgedehnte Colon ascendens, oder etwas weiter, und gegen dieses ein wenig dorsal abgebogen. Die Dehnung des Blinddarmes erstreckt sich auf den ganzen Umfang desselben, weit vorwiegend aber auf jene

Theile der Wand, welche dies- und jenseits an die Taenia mesenterica angrenzen; darin ist insbesondere auch jenes Gebiet inbegriffen, welches mit dem Endstück des Ileum verwachsen ist. Bei starker Ausdehnung setzt der wurmförmige Fortsatz ganz unvermittelt ein, bei mässiger Ausdehnung aber erhält sich noch ein kurzes kegelförmiges Endstück des Blinddarmes, welches den Übergang in den Processus vermiformis vermittelt.

Ganz ähnlich verhält sich der ausgedehnte Blinddarm noch bei Kindern aus dem Ende des 1. und dem Anfang des 2. Lebensjahres. Auch bei diesen besitzt der ausgedehnte Blinddarm noch eine ziemlich glatte Oberfläche, da die bereits gebildeten Haustra sich bei etwas stärkerer Dehnung der Wand zum grössten Theil nahezu vollständig ausgleichen.

Vom 3. oder 4. Lebensjahre an, sobald die Taeniae und Haustra vollkommen ausgebildet sind, nimmt der ausgedehnte Blinddarm in jeder Hinsicht die Formen an, welche wir vom erwachsenen Menschen kennen, jedoch sind die Einzelnheiten derselben regelmässig viel schärfer ausgebildet, als wie sie sich häufig an sehr stark ausgedehnten Blinddärmen Erwachsener finden. Als gesetzmässige Formverhältnisse des ausgedehnten Blinddarmes können für das spätere Kindesalter die folgenden gelten.

An der medialen, zugleich etwas nach vorne gerichteten Wand, d. i. zwischen der Taenia anterior und dem Dünndarmeintritt findet sich eine stärkere Ausbuchtung, welche durch eine tiefe horizontale Furche von dem Colon abgegrenzt ist; sie erstreckt sich bis unter das abgebogene Dünndarmende herab und ist in ihrem unteren Theile mit diesem letzteren verwachsen. Eine zweite, annähernd dreiseitige Ausbuchtung sitzt an der dorsalen Wand, medial von der Taenia lateralis; sie reicht mit ihrer Spitze bis gegen die dorsale Wand des Ileum heran. Beide Buchten sind durch eine flache, den Ausläufern der Taenia mesenterica entsprechende Furche von einander abgegrenzt und eine jede für sich ist durch seichte, dem Verlaufe der über sie hinziehenden Gefässzweige entsprechende Furchen mehr oder weniger deutlich in drei oder vier Haustra abgetheilt.

Die Taenia anterior und lateralis laufen gegen einander convergirend und einen flachen, medial concaven Bogen beschreibend unter und hinter das Dünndarmende herab, um sich an der Abgangsstelle des Processus vermiformis zu vereinigen. Zwischen diesen beiden Taeniae liegt eine Reihe von 4—5 Haustra, von welchen die oberen breiter sind und die Wölbung der ventralen, zugleich etwas lateral gerichteten Wand erzeugen, die unteren aber den etwas verschmälerten Grund des Blinddarmes formen. Der bogenförmige Verlauf dieser beiden Taeniae hängt damit zusammen, dass der Blinddarm als Ganzes unter dem Dünndarmende dorsal abgebogen ist. Die Convexität dieser Abbiegung tritt in Form der erwähnten Wölbung der ventralen Wand hervor; der Concavität entspricht eine tiefe, annähernd horizontale, ausnahmslos scharf ausgeprägte, von der Taenia anterior um die mediale und dorsale Seite des Darmes bis an die Taenia lateralis sich erstreckende Furche, in welche sich das Endstück des Dünndarmes einsenkt. Ich will dieselbe als Grenzfurche des Blinddarmes bezeichnen. Durch den Eintritt des Dünndarmendes wird sie in einen etwas längeren und tieferen dorsalen und einen kürzeren ventralen Antheil getrennt. Der dorsale Antheil (Fig. 15) reicht bis an die Taenia lateralis heran und wird oben durch das unterste Haustrum des Colon ascendens, unten durch die dreiseitige dorsale Bucht des Blinddarmes begrenzt; an der Innenseite des Darmes correspondirt ihm das Frenum Morgagnii posterius. Der ventrale Antheil der Grenzfurche fällt in die mediale Wand des Darmes und reicht bis zur Taenia anterior; er ist es, der die Buchtung der medialen Wand des Blinddarmes gegen das Colon ascendens abgrenzt; ihm entspricht an der Innenseite das Frenum Morgagnii anterius. Die ganze Grenzfurche ist nichts Anderes, als der durch die Dehnung und Vorwölbung der angrenzenden Wandgebiete verengte und vertiefte Knickungswinkel, welchen wir bei contrahirtem Blinddarm kennen gelernt haben.

Die dauernde Erhaltung der Grenzfurche hängt sichtlich mit zwei Umständen zusammen; einmal mit der flächenhaften Anwachsung des Dünndarmendstückes an den Blinddarm und an das Colon ascendens im Bereiche der Grenzfurche, wovon

noch später die Rede sein soll, dann aber mit dem eigenthümlichen Verhalten der Taenia mesenterica beim Übertritt auf den Blinddarm. Schon im untersten Theile des Colon ascendens fasert sich diese Taenia auf; ein Theil ihrer Muskelfaserbündel geht in die Längsfaserschichte des Ileum, ein anderer in die Valvula coli über; einzelne feine Bündel treten in die Plica ileocaecalis des Bauchfelles, einzelne auch in die Tiefe des dorsalen Antheiles der Grenzfurche ein. Der grössere Theil ihrer Muskelfasern aber setzt, zu einem breiteren oder zu zwei bis drei schmäleren Bündeln gesammelt, an der dorsalen Seite des Dünndarmendes vorbei brückenförmig über die tiefste Stelle der Grenzfurche hinweg, um dann theils in die dorsale Wand des Blinddarmes auszustrahlen, theils sich der Längsfaserschichte des wurmförmigen Fortsatzes beizugesellen (Fig. 10 bis 13 und Fig. 15).

Dieses Bündel ist schon von Luschka[1] erwähnt, aber erst vor Kurzem von Oscar Kraus[2] ausführlicher beschrieben und als Habenula caeci bezeichnet worden. An ganz contrahirten Blinddärmen von Kindern aus den ersten Lebensjahren schreitet dieses Bündel in einiger Entfernung von dem Scheitel des Knickungswinkels von dem Colon ascendens auf das Caecum hinweg und verhält sich in der That als ein Haftbändchen, welches die Winkelstellung des Blinddarmes aufrecht erhält. Genau dasselbe findet man an dem contrahirten Blinddarm des Erwachsenen. Dass auch die dorsale Abbiegung des ausgedehnten Blinddarmes unter dem Einfluss dieses Haftbändchens steht, ist ebenfalls von Oscar Kraus hervorgehoben worden. Wie dieser Autor, so habe auch ich dasselbe an älteren Embryonen constant gefunden. An jüngeren Embryonen — bis zum 6. Monat — ist es nicht nachweisbar; auf seine Entstehung komme ich noch am Schlusse zurück.

Aus den mitgetheilten Thatsachen ist zu entnehmen, dass die Grundform des Blinddarmes nicht nur bei Embryonen, sondern auch im kindlichen Alter die kegelförmige ist, und

---

1 Luschka, Die organische Muskulatur innerhalb verschiedener Falten des menschlichen Bauchfelles. Reichert's Arch., 1862, S. 202.

2 Oscar Kraus, Zur Anatomie der Ileocoecalklappe, in v. Langenbeck's Arch., 44. Bd., 2. Heft.

dass die in früher embryonaler Entwicklungsstufe auftretende Winkelstellung des contrahirten Blinddarmes auch für das Kindesalter eine gesetzmässige Erscheinung ist. Die Überführung der Kegelform bei jedesmaliger Anfüllung in die gerundete und bauschige Form beruht auf der vorwiegenden Dehnung und Wölbung jener Wandbezirke des Blinddarmes, welche die Ausläufer der Taenia mesenterica umgeben und im ausgedehnten Zustand als Buchten der ventralen und dorsalen Wand heraustreten. Unter dem Einfluss dieser Dehnung und unter der damit verbundenen fortschreitenden Verdünnung und Verbreiterung der Endstücke aller drei Taeniae flacht sich die kegelförmige Zuspitzung des Blinddarmes mehr und mehr ab, um bei einem bestimmten Füllungsgrade vollkommen zu verschwinden; der wurmförmige Fortsatz erhebt sich dann ganz unvermittelt aus der gerundeten Wand des Blinddarmes. Eine andere Folge der Ausdehnung ist, wie schon oben bemerkt wurde, die Umwandlung des Knickungswinkels des contrahirten Blinddarmes in die tiefe Grenzfurche. Zieht sich der Blinddarm wieder zusammen, so verkleinern sich unter der vereinten Wirkung der kreisförmigen Muskelfasern und der Taeniae die Wölbungen und Haustra mehr und mehr, bis der Blinddarm wieder zu seiner kegelförmigen Grundgestalt zurückkehrt.

An Leichen erwachsener Personen befindet sich der Blinddarm nur selten in ganz oder nahezu contrahirtem Zustand. Unter der Zahl von mehr als 200 Leichen, welche ich darauf hin beobachtet habe, fand sich nur viermal ein solcher vor, und zwar dreimal bei Männern im Alter von 30, 42 und 45 Jahren und einmal bei einer Frau in den mittleren Lebensjahren, deren Alter ich nicht genau in Erfahrung bringen konnte. Dazu darf ein vollkommen contrahirter Blinddarm von einem 13 Jahre alten Knaben gezählt werden. In allen diesen Fällen besass er genau dieselbe Kegelform, welche dem contrahirten Blinddarm des Kindes eigen ist (Fig. 13). Wie bei dem letzteren war der Winkel, in welchem er sich gegen das Colon einstellte, ein verschieden grosser, in drei Fällen ein mehr oder weniger spitzer, in einem Falle ein stumpfer. An einigen anderen Blinddärmen von Erwachsenen, welche nur wenig ausgedehnt waren, fand

sich insoferne eine Andeutung dieser Form, als die mediale und die dorsale Wand zwar etwas vorgebaucht und mit kleinen Haustra versehen waren, das Endstück des Blinddarmes aber sich gegen den wurmförmigen Fortsatz hin zuspitzte — eine Form also, welche auch bei nur mässig gefüllten Blinddärmen von Kindern vorkommt.

Der ausgedehnte Blinddarm des Erwachsenen verhält sich hinsichtlich seiner Form in der weitaus grössten Zahl der Fälle in allem Wesentlichen so wie der ausgedehnte Blinddarm des 3—4 Jahre alten Kindes; jedoch kommt nicht selten ein höhergradiger Ausdehnungszustand zur Beobachtung, mit welchem gewisse Eigenthümlichkeiten der Form verknüpft sind. Bei sehr starker Ausdehnung fliessen nämlich die Buchten der medialen und der dorsalen Wand zu einer einzigen grossen, das Dünndarmende von unten her umgreifenden Bucht zusammen, da sich die dem Endstück der Taenia mesenterica entsprechende Furche vollständig ausgleicht.

Auch die Haustra fehlen dann an diesem Wandgebiet vollkommen, und selbst zwischen der Taenia anterior und lateralis, wo sie sonst am schärfsten ausgeprägt sind, gleichen sie sich mehr oder weniger aus, während sie an dem angrenzenden Theile des Colon bei demselben Dehnungszustand noch vollständig erhalten sind. Im höheren Alter kommt es sogar vor, dass alle Furchen vollkommen verschwunden sind und der ausgedehnte Blinddarm allenthalben eine ganz glatte Oberfläche besitzt. Nur die Grenzfurche war unter allen Umständen vorhanden.

Abgesehen von dem bis jetzt ins Auge gefassten gleichmässigen Ausdehnungszustand begegnet man an Leichen erwachsener Personen mitunter Formen, welche auf ungleichmässiger Ausdehnung des Blinddarmes beruhen. Es kommt vor, dass die Reihe der zwischen Taenia lateralis und anterior befindlichen Haustra, also der Grund und die laterale Wand, oder auch nur ein Theil dieser Haustra mehr oder weniger ausgedehnt, die medialen und dorsalen Wandgebiete aber contrahirt sind. Dann erscheint der Blinddarm im Verhältniss zu seiner Länge sehr schmal, annähernd cylindrisch und lauft gegen den wurmförmigen Fortsatz in eine kurze, kegel-

förmige Spitze aus. In anderen Fällen bestand neben der Ausdehnung der erwähnten Haustra noch eine Vorwölbung der medialen Blinddarmwand bei contrahirter dorsaler Wand, oder umgekehrt; es fehlte dann die kegelförmige Zuspitzung des Blinddarmes, oder sie war nur andeutungsweise vorhanden. Ganz eigenartige Formen entstehen in einzelnen Fällen bei starker Dehnung und buckelförmige Vorbauchung eines einzigen Haustrum, oder der dorsalen oder der medialen Wand bei im Übrigen völlig contrahirtem Blinddarm.

Die Abgangsstelle des wurmförmigen Fortsatzes befindet sich gesetzmässig nicht am Grunde des Blinddarmes, sondern bei ausgedehntem Zustand desselben an der dorsalen Wand, hinten und unten von der Eintrittsstelle des Ileum; bei contrahirtem Blinddarm in der Regel an der dorsalen Seite des Endstückes des Dünndarmes. Dies ist darin begründet, dass der Grund des Blinddarmes, d. h. der am meisten nach unten vorragende Theil desselben, wie oben auseinandergesetzt worden ist, keineswegs dem eigentlichen Ende des Blinddarmes entspricht, sondern gesetzmässig durch die Wölbung der lateralen Wand, also durch eines jener Haustra gebildet wird, welche sich zwischen Taenia anterior und lateralis aneinander reihen.

Im Allgemeinen steht die Lage der Abgangsstelle des wurmförmigen Fortsatzes in unmittelbarem Zusammenhang mit der Anordnung der Taeniae, welche sämmtlich gegen dieselbe zusammenlaufen. Bei contrahirtem Darm vereinigen sich alle drei Taeniae, unter spitzen Winkeln convergirend, schon an dem kegelförmigen Ende des Blinddarmes. Bei ausgedehntem Blinddarm ziehen die Bündel der Taenia mesenterica senkrecht von oben kommend, das Endstück der Taenia anterior genau gegenüber, von unten kommend an die Abgangsstelle heran, so dass die Zugrichtung beider diametral entgegengesetzt ist. Auf die beiden genannten Taeniae ist das Endstück der Taenia lateralis unter rechtem Winkel eingestellt, so dass die Zugrichtung dieser in die Horizontale fällt. Durch diese Anordnung erscheint unter Voraussetzung gleichmässigen Contractionszustandes der drei Taeniae eine gewisse Constanz der Abgangsstelle des wurmförmigen Fortsatzes hinsichtlich ihrer Lage an der Blinddarmwand gesichert.

Im einzelnen Falle aber kommen dafür noch zwei Momente wesentlich in Betracht: der Grad der Abknickung des Blinddarmes gegen das Colon ascendens und der Ausdehnungszustand des Blinddarmes. Ist die Abknickung eine sehr geringe, so geht der wurmförmige Fortsatz nahe dem Grunde des Blinddarmes oder auch aus diesem selbst ab. Ist dabei der Blinddarm contrahirt oder nur wenig ausgeweitet, so erscheint er in Gestalt eines mehr oder weniger gerade gestreckten Trichters, aus dessen unterem Ende der wurmförmige Fortsatz hervorgeht. Diese Form ist mir bei erwachsenen Personen niemals, wohl aber, wie ich schon früher erwähnt habe, in einzelnen Fällen bei älteren Embryonen und bei Kindern aus den ersten Lebensmonaten vorgekommen. Bei contrahirtem Blinddarm und normaler Abknickung desselben befindet sich die Abgangstelle des Processus vermiformis an der dorsalen Seite des Dünndarmendes oder selbst über dieses emporgerückt. Ist der Blinddarm in gewöhnlichem Masse abgeknickt und gleichmässig bis zu mässiger Spannung seiner Wand ausgedehnt, so liegt die Abgangsstelle des wurmförmigen Fortsatzes bei erwachsenen Personen im Mittel 3 *cm* unterhalb der Grenzfurche; bei geringerer Ausdehnung ist dieser Abstand entsprechend kleiner. Bei ungleichmässiger Ausdehnung der Blinddarmwand ist er unter sonst gleichen Umständen von dem Ausdehnungszustand des unmittelbar unter dem Dünndarmeintritt gelegenen Wandgebietes abhängig.

Über das Verhalten und über die verschiedenen Zustände des wurmförmigen Fortsatzes liegen bereits erschöpfende Mittheilungen vor; insbesondere ist die Obliteration desselben in jüngster Zeit sehr eingehend von E. Zuckerkandl[1] behandelt worden. Ich beschränke mich daher auf die kurze Anführung einer Beobachtung, welche im Anschluss an die Untersuchungen dieses Autors nicht ohne Interesse sein dürfte.

Bei einem 47 Jahre alten Mann fand ich den nur 2·4 *cm* langen Processus vermiformis an seinem Ende hakenförmig umgebogen und mit einer Lichtung von gewöhnlicher Weite versehen. An das abgebogene Ende desselben reihten sich

[1] E. Zuckerkandl, Über die Obliteration des Wurmfortsatzes beim Menschen. Anatom. Hefte, I. Abth., IV. Bd., 1. Heft, 1894.

zwei kugelförmige Körperchen an, deren jedes 4 *mm* im Durchmesser hatte. Das unmittelbar an das blinde Ende des wurmförmigen Fortsatzes angeschlossene und mit diesem nur durch ganz lockeres Bindegewebe verbundene Körperchen erwies sich bei der mikroskopischen Untersuchung von Durchschnitten als ein obliterirtes Stück des wurmförmigen Fortsatzes, in welchem sich noch die beiden Muskelschichten und die in charakteristischer Weise veränderte Schleimhaut erhalten hatten. Es war also in diesem Falle zur vollständigen Abschnürung eines kleinen Theiles des wurmförmigen Fortsatzes gekommen. Das zweite Körperchen erwies sich als ein dünnwandiges, bläschenförmiges Divertikel des wurmförmigen Anhanges, welches der Seitenwand desselben aufsass und mit der Lichtung desselben in weit offener Communication stand.

Die ganze Reihe von Beobachtungen, welche mir bezüglich der Formverhältnisse des Blinddarmes in den verschiedenen Altersstufen vorlag, musste mir den Gedanken nahelegen, dass die Formbildung desselben schon im 3. bis 4. Lebensjahre beendet sei, dass auch dem Blinddarm des erwachsenen Menschen gesetzmässig die Kegelform zu Grunde liege, und dass die uns gewöhnlich vorkommende, von den Anatomen bisher ausschliesslich ins Auge gefasste Form eben nur dem stark ausgedehnten Blinddarm eigen sei. Ich musste mir aber die Einwendung machen, dass in den vereinzelten Fällen, in welchen ich am Erwachsenen die Kegelform des contrahirten Blinddarmes beobachtet hatte, vielleicht ausnahmsweise die infantile Form desselben erhalten geblieben sei. Als ich den oben erwähnten, vollkommen contrahirten Blinddarm eines 13 Jahre alten Knaben, welcher abgesehen von der absoluten Grösse in Allem den contrahirten Blinddärmen der Erwachsenen glich, in die Hand erhielt, machte ich den Versuch, durch vorsichtiges Einleiten von wässeriger Pikrinsäurelösung unter einem constanten Druck von 25 *mm* Quecksilber (mittelst des Hering'schen Injectionsapparates) die Formveränderungen dieses Blinddarmes während der allmäligen Ausdehnung desselben zur unmittelbaren Anschauung zu bringen. Dies gelang in der That in der befriedigendsten Weise. Man sah zunächst die Haustra an der lateralen Wand, dann die Wölbungen an der medialen und dorsalen

Wand mehr und mehr hervortreten, die Zuspitzung gegen den wurmförmigen Fortsatz allmälig sich verflachen und endlich ganz verschwinden, während sowohl der dorsale, als der ventrale Antheil der Grenzfurche sich dem Fortschreiten der Dehnung gemäss vertiefte. Noch bevor der Versuch bis zur ganz prallen Füllung des Blinddarmes gediehen war, hatte derselbe bereits in jeder Hinsicht die typische Form des gedehnten, ausgewachsenen Blinddarmes angenommen (Fig. 14 und 15). Denselben Versuch habe ich weiterhin mit demselben Ergebniss an dem contrahirten Blinddarm eines 3- und eines $3^1/_2$-jährigen Kindes wiederholt.

Ist die Gestalt des Blinddarmes während des Lebens so auffallenden Veränderungen unterworfen, so müssen diese nothwendig an den Contractionszustand seiner Muskulatur geknüpft und in der besonderen Anordnung dieser letzteren begründet sein. Um in dieser Beziehung einen näheren Einblick zu erhalten, habe ich mehrere Blinddärme von Erwachsenen, welche ich in ausgedehntem Zustand und in der diesem entsprechenden gesetzmässigen Form an der Leiche vorgefunden hatte, zunächst mit einer Pikrinsäure- oder Formalinlösung durchgespült und dann mit derselben Flüssigkeit ziemlich prall angefüllt. In diesem Zustande habe ich die drei Taeniae, sowie die zwischen diesen befindliche dünne Schichte der Längsmuskelfasern im ganzen Bereiche des Blinddarmes mit dem Messer sorgfältig abgelöst. Als dies geschehen war, zeigte sich in allen Fällen die Form des Blinddarmes auffallend geändert. Er hatte nun die Gestalt eines weiten, glattwandigen Trichters angenommen, an dessen Spitze der wurmförmige Fortsatz hervorging — also genau dieselbe Gestalt, welche der ausgedehnte Blinddarm des neugeborenen Kindes zeigt, an welchem die Taeniae noch nicht zur Ausbildung gekommen sind. Die blossgelegte Kreisfaserschichte umgab nun mit ihren parallel laufenden, gegen die Spitze des Trichters hin immer kleinere Kreise beschreibenden Bündeln den ganzen Blinddarm in ununterbrochener Lage. Es kann also keinem Zweifel unterliegen, dass die gewöhnliche Form des gleichmässig ausgedehnten Blinddarmes unter dem speciellen Einfluss und durch die Zugwirkung der Längsmuskelschichte, insbesondere der drei Taeniae zu Stande kommt.

Dabei ist es von Wesenheit, dass die drei Taeniae an dem contrahirten Blinddarm in sehr spitzen Winkeln convergiren und schon an dem Endstück des Blinddarmes ineinander fliessen, während sie bei der Ausdehnung des Darmes allmälig auseinander rücken, bis sie sich endlich in Gestalt eines T gegeneinander einstellen und sich erst an der Abgangsstelle des wurmförmigen Fortsatzes vereinigen.

Die Anordnung, welche den Bündeln der Kreismuskelschichte bei der gesetzmässigen Form des ausgedehnten Blinddarmes zukommt, kann der mitgetheilten Erfahrung zufolge nur bei vollständiger Erhaltung der Längsfaserschichte, also nur an dem umgestülpten Blinddarm, durch Ablösung der Schleimhaut und des submucösen Bindegewebes zur Anschauung gebracht werden. Nach Durchführung dieser, grosse Mühe und Sorgfalt erheischenden Präparation sieht man, dass die Bündel der Kreisfaserschichte im ganzen Bereiche der Taeniae dicht aneinander gedrängt sind, beim Übertritt auf die angrenzenden Haustra aber jederseits fächerförmig auseinanderweichen, um über dieselben bogenförmig auszustrahlen; an der höchsten Wölbung der Haustra ist daher die Kreisfaserschichte sehr dünn, in den zwischenliegenden Furchen erheblich stärker. In der nächsten Umgebung der Abgangsstelle des wurmförmigen Fortsatzes sind die Bündel der Kreisfaserschichte auf ein dreiseitiges Feld ausgezogen, dessen Ecken den Endstücken der drei Taeniae entsprechen und in dessen Mitte sich die Öffnung für den wurmförmigen Fortsatz befindet. In der Regel ist dieses Feld an wohl conservirten Blinddärmen ohne jede Präparation zu erkennen, da es bei der Ansicht von aussen gewöhnlich etwas erhaben und von seichten Furchen umgrenzt ist; an der Innenseite entsprechen diesen letzteren Schleimhautfalten, welche zu einem Dreieck gruppirt sind. Dass diese eigenthümliche Anordnung mit der Abflachung der kegelförmigen Spitze des Blinddarmes unmittelbar zusammenhängt, ist nicht zu verkennen. Am vollständig contrahirten Blinddarm ist die Kreisfaserschichte allenthalben annähernd gleich dick, und ihre Bündel sind sämmtlich unter einander parallel, zu regelmässigen Kreistouren geordnet, die Längsfaserschichte auch im Bereiche der Haustra deutlich hervortretend.

In den mitgetheilten Versuchen und Präparationsergebnissen glaube ich die Bestätigung gefunden zu haben, dass die Grundform des Blinddarmes auch bei dem erwachsenen Menschen die eines Kegels ist, dass alle anderen Formen desselben, welche in der Breite normaler Verhältnisse vorkommen, aus dieser Grundform abzuleiten sind und auf gleichmässige Ausdehnung verschiedenen Grades, oder auf ungleichmässige Ausdehnung der Wand zurückgeführt werden müssen. Die Ursache der Formveränderungen liegt in der besonderen Anordnung der Muskulatur. Die Verhältnisse liegen also ganz ähnlich wie bei dem Magen des Menschen, dessen verschiedene Formen ebenfalls durch gleichmässige oder ungleichmässige Ausdehnung seiner Wand aus der nur selten zu beobachtenden Cylinderform des ganz contrahirten Organes entstehen.

Ich komme nun noch kurz auf die Abgrenzung des Blinddarmes gegen das Colon ascendens zurück. Diese ist bis jetzt von den meisten Anatomen ziemlich willkürlich und keineswegs übereinstimmend angenommen worden. Nach Allem, was ich über die Formbildung des Blinddarmes beigebracht habe, kann nur die oben beschriebene Grenzfurche, beziehungsweise bei contrahirtem Darm der Knickungswinkel, als die naturgemässe, in der Entwicklungsgeschichte begründete Grenzmarke angesehen werden. Sie ist als anatomischer Anhaltspunkt auch desshalb sehr geeignet, weil sie in jedem Lebensalter und bei jedem Ausdehnungszustand scharf ausgeprägt und sowohl an der Aussen-, als auch an der Innenseite des Darmes leicht zu erkennen ist. Diese Grenzbestimmung fällt mit jener zusammen, welche sich bei Gegenbaur[1] findet; sie unterscheidet sich aber beispielsweise von der durch Oscar Kraus[2] angenommenen dadurch, dass das Haustrum ileocolicum dieses Autors bereits als erstes Haustrum des Colon ascendens zu bezeichnen wäre; sie ist endlich entschieden präciser als die in den neueren Anatomien durchaus vorkommende Angabe,

---

[1] Gegenbaur, Lehrbuch der Anatomie des Menschen, 5. Aufl., II. Bd., S. 64.

[2] Oscar Kraus, l. c.

nach welcher der Blinddarm als das unterhalb der Einmündungsstelle des Dünndarmes gelegene Stück des Dickdarmes definirt wird.

Als das Manuscript zu dem vorliegenden Aufsatz schon nahezu fertiggestellt war, erhielt ich dank der Freundlichkeit des Herrn J. Struthers den Sonderabdruck einer Abhandlung,[1] welche die Formverschiedenheiten des Blinddarmes, der Valvula coli und des wurmförmigen Fortsatzes des Menschen zum Gegenstande hat. Struthers hat, zunächst aus praktischen Gründen, um einen brauchbaren Anhaltspunkt für seine Massbestimmungen zu gewinnen, die Grenze des Blinddarmes gegen das Colon ascendens an dieselbe Stelle gesetzt wie ich. Seine »anterior and posterior fraenal furrows« entsprechen vollkommen dem von mir vorhin beschriebenen »vorderen und hinteren Antheil der Grenzfurche«. In der Beurtheilung der Formen des Blinddarmes weicht aber Struthers sehr wesentlich von meiner Auffassung ab. Dies erklärt sich wohl daraus, dass er den contrahirten Zustand des Blinddarmes nicht in den Kreis seiner Untersuchungen aufgenommen und dass er seinen Beschreibungen und Abbildungen ausschliesslich Trockenpräparate zu Grunde gelegt hat. Dem letzteren Umstand dürfte vielleicht Manches von den auffallenden Formen des Blinddarmes, welche sich in seinen Abbildungen finden, zuzuschreiben sein. Da sich auch über die dem Trocknen vorausgegangene Behandlung der Präparate keine näheren Angaben finden, so wage ich es nicht, auf eine nähere Beurtheilung derselben einzugehen.

Unter der Bezeichnung Vestigial fossa beschreibt Struthers jenes auch von mir beobachtete und oben erwähnte dreieckige Feld an dem Blinddarm, innerhalb dessen sich die Abgangsstelle des wurmförmigen Fortsatzes befindet; es entspricht nach ihm dem Endstücke des foetalen Blinddarmes. Ich kann dem vollkommen beistimmen, jedoch mit dem Zusatze, dass es nicht minder dem zugespitzten Ende des contrahirten Blinddarmes des Erwachsenen entspricht. Struthers ist aber

[1] John Struthers, Varieties of the appendix vermiformis, caecum and ileo-colic valve in man. Edinburgh Medical Journal for October, November and December 1893.

der Meinung, dass dieses Feld durch gabelförmige Spaltung der Endstücke der Taeniae und gegenseitige Vereinigung derselben vor dem Übergang auf den wurmförmigen Fortsatz zu Stande komme. Nach neuerlicher Durchsicht meiner Präparate muss ich die von mir oben gegebene Darstellung aufrecht erhalten, nach welcher es nicht die äussere, sondern die innere (circuläre) Muskelschicht ist, auf deren besondere Anordnung am ausgedehnten Blinddarm dieses dreieckige Feld zurückgeführt werden muss. Die Beobachtung von Struthers fusst auch in diesem Falle auf getrockneten, durchsichtigen Präparaten; an solchen kann man aber, wie ich mich überzeugt habe, nicht mehr unterscheiden, was an dieser Stelle der äusseren und was der inneren Muskelschichte angehört.

Die Valvula coli.

Ich knüpfe hier an die in der 8. bis 10. Woche auftretende Abknickung der Blinddarmanlage gegen das Colon an. Bis dahin ist keine Andeutung einer Klappe vorhanden. Die nächste Folge jener Abknickung ist, dass das Endstück des Dünndarmes, soweit es in den Knickungswinkel fällt, nicht mehr seine cylindrische Gestalt und Lichtung bewahrt, sondern von oben und unten her durch die angrenzenden Wandtheile des Dickdarmes abgeflacht wird und daher gegen seine Mündung hin keilförmig wird. Zugleich ist nun jener Theil des Dünndarmendes, welcher in der vorausgegangenen Entwicklungsstufe sich unter spitzem Winkel an den Darmanhang angeschlossen hatte, an einem Theile seiner äusseren Oberfläche in unmittelbare Berührung mit der Aussenseite der Blinddarmanlage getreten, und zwar zunächst an der Stelle, wo das Dünndarmende von dieser letzteren umfangen wird, d. i. also an der dem Gekrösansatz gegenüberliegenden Seite. So bilden die in gegenseitige Berührung gekommenen Antheile der Dünn- und Blinddarmwand eine in die Darmlichtung vorragende Falte, in welche alle Bestandtheile der sich berührenden Darmwände eingehen (Fig. 16). In dieser Falte ist die untere Lippe der Valvula coli vorgebildet. In ganz ähnlicher Weise tritt auch die dem Gekrösansatz entsprechende Seite des Dünndarmendes

mit dem Anfangsstück des Colon in Berührung und bildet mit diesem die Anlage der oberen Klappenlippe.

Von den beiden Klappenlippen ist nur die obere mit ihrem freien Rande der Lichtung des Dickdarmes zugewendet, ohne jedoch vorerst in dieselbe hineinzuragen. Der Rand der unteren Lippe ist gerade nach oben, der Lichtung des Dünndarmes zugekehrt. In dem Masse jedoch, als sich im Laufe der Entwicklung der Blinddarm immer schärfer gegen das Colon abknickt, werden die Berührungsflächen der genannten Darmtheile grösser, und in demselben Masse vergrössern sich die Lippen der Klappe und treten dann mehr und mehr gegen die Lichtung des Blinddarmes vor (Fig. 17, 18). In dieser Weise ist die Valvula coli von der Mitte des 4. Embryonalmonates an vollkommen ausgebildet, und da die Gewebsbestandtheile der Darmwände sich an der Berührungsfläche vereinigen, erhält sie die Bedingung ihres bleibenden Bestandes.

Auch die Falten der Darmwand, welche im ausgebildeten Zustand unter dem Namen der Frena Morgagnii bekannt sind, lassen sich jetzt schon deutlich erkennen; sie sind, wie schon Huschke[1] hervorgehoben hat, nichts Anderes als Theile der der Knickungsfurche entsprechenden Falte der Darmwand, welche sich dorsal und ventral von der Mündung des Dünndarmes hinziehen; schon jetzt ist das dorsale Frenum, welches der grössten Tiefe der Knickungsfurche entspricht, länger und breiter als das ventrale.

Die Formveränderungen, welche an der Klappe im weiteren Verlaufe der Entwicklung zur Beobachtung kommen, müssen im Wesentlichen als Folgeerscheinungen des Wachsthums der Darmwand und zunächst insbesondere des vorwiegenden Wachsthums des Dünndarmes aufgefasst werden. Die obere Lippe der Klappe nimmt vom 5. Embryonalmonat an erheblich mehr an Ausdehnung zu als die untere, drängt sich demgemäss stärker in die Lichtung des Blinddarmes vor und neigt sich nach unten, der Wölbung des Blinddarmes zu; sie ist daher nahezu parallel mit der Längsrichtung des angrenzenden Theiles des Colon eingestellt. Die kürzere untere Lippe ist nach unten abgebogen, so dass die ganze Klappe gegen den Grund des

[1] E. Huschke, Eingeweidelehre, 1844, S. 101.

Blinddarmes gerichtet ist und gleichsam als Inhalt des letzteren erscheint (Fig. 19).

Zur Zeit der Geburtsreife hat die Klappe schon eine beträchtliche Grösse erreicht. Wenn bei todtgeborenen reifen Früchten das Caecum und das Colon ascendens leer und zusammengezogen sind, so erscheint die blossgelegte Klappe als ein kegel- oder zapfenförmiger Vorsprung von 7—8 *mm* Länge, welcher die Lichtung des Blinddarmes vollständig ausfüllt. Die obere Klappenlippe berührt mit der ganzen Breite ihrer oberen Fläche die laterale Wand des Blinddarmes; die untere, beträchtlich kürzere Lippe liegt der medialen Wand des Blinddarmes und anderseits der oberen Lippe an; das freie, abgerundete Ende der völlig geschlossenen Klappe ist dem Grund des Blinddarmes zugewendet. Die Frena Morgagnii sind kurz und treten nur wenig an der inneren Darmfläche vor. Hat man aber den Blinddarm eines neugeborenen oder wenige Monate alten Kindes in ausgedehntem Zustand vor sich, so tritt an der dorsalen Wand desselben die abgeplattete, mehr oder weniger keilförmige, mit stumpfrandigen Lippen versehene Klappe in die Darmlichtung vor (Fig. 21). Die untere Lippe ist beträchtlich kürzer als die obere, ihr freier Rand mehr oder weniger concav ausgeschnitten, so dass die beiden Klappenränder schon bei sehr mässiger Ausdehnung nicht in Berührung treten können, die Klappe also nicht schlussfähig ist. Die flach elliptische Öffnung der Klappe wird demgemäss von der oberen Lippe erheblich überragt und ist nach vorne unten gerichtet. Von den beiden Frena ist das dorsale besonders stark ausgeprägt.

Im Laufe des weiteren Wachsthums tritt noch ein Moment ein, welches zur Ausbildung, beziehungsweise Vergrösserung der Valvula coli beiträgt; es ist dies die schon in den letzten Foetalmonaten, besonders aber nach der Geburt eintretende stärkere Wachsthumsenergie und die periodische Ausdehnung des Dickdarmes, vermöge welcher das Caliber des letzteren das des Dünndarmes mehr und mehr übertrifft. Das Endstück des Dünndarmes wird dann oben und unten von der sich vorwölbenden Wand des Dickdarmes noch weiter überlagert und die schon vorher vorhanden gewesene Berührungsfläche ver-

grössert. So kann allmälig eine bleibende Vergrösserung der Klappe herbeigeführt werden, anderseits aber kann die stärkere Vorwölbung der oben und unten an das Dünndarmende angrenzenden Haustra bei jedesmaliger stärkerer Ausdehnung des Blinddarmes bis zu einem gewissen Grade compensatorisch zu Gunsten der Schlussfähigkeit der Klappe wirken.

Der Längenunterschied der beiden Lippen gleicht sich in vielen Fällen allmälig mehr und mehr aus, ihre Wände ragen annähernd gleich weit vor, die Öffnung der Klappe wird schlitzförmig. In anderen Fällen jedoch ist die untere Klappenlippe auch noch bei erwachsenen Personen erheblich kürzer als die obere und mit einem mehr oder weniger concav ausgeschnittenen Rand versehen. Es hat sich so gewissermassen die infantile Form der Klappe erhalten.

Wird so bei dem typischen Entwicklungsgang des Blinddarmes der erste Anstoss zur Bildung der Valvula coli durch die frühzeitige Abknickung desselben gegen das Colon gegeben und durch diese auch die Ausbildung der Klappe wesentlich beeinflusst, so könnte man zu dem Schlusse kommen, dass in jenen Fällen, in welchen diese Abknickung nur in sehr geringem Grade erfolgt, die Bildung der Valvula coli unterbleiben müsste. In der That aber kommt nichtsdestoweniger eine Klappe zu Stande, jedoch wirkt die Abweichung in ihrer Bildung auf ihre Formverhältnisse ganz wesentlich zurück. In solchen Fällen, welche ich mehrmals bei neugeborenen Kindern und älteren Embryonen zu beobachten Gelegenheit hatte, legte sich das Endstück des Ileum, indem es in aufsteigender Richtung an seine Mündungsstelle herantrat, eine verhältnissmässig grosse Strecke weit an die mediale Wand des Blinddarmes an und war mit dieser verwachsen. Dadurch entstand in ähnlicher Weise wie bei der Abknickung des Blinddarmes an der Mündung des Ileum eine vortretende Falte, welche die untere Klappenlippe darstellte. Die obere Klappenlippe entstand in diesen Fällen ausschliesslich durch die Überlagerung der oberen Seite des Dünndarmendstückes seitens des sich ausdehnenden und etwas einwärts geneigten Anfangstheiles des Colon. In einem solchen Fall, bei einem reifen neugeborenen Kind, besass die Klappe die gewöhnliche Form, beide Lippen waren aber auffallend

kurz. In einem anderen Fall, bei einem 8 Monate alten Foetus, zeigte die Klappe eine ganz regelwidrige Gestalt, beide Lippen waren sehr kurz und gingen bogenförmig in einander über, so dass die Öffnung der Klappe nahezu kreisförmig war; die Frena fehlten gänzlich (Fig. 20). Eine solche Klappe kann nicht schlussfähig sein.

Ähnliche Umstände dürften auch für die verschiedene Ausbildung und Formentwicklung der Valvula coli bei Säugethieren massgebend sein. So z. B. findet sich beim Hund, wo das Ende des Dünndarmes nahezu in gleicher Richtung mit dem Anfangsstück des Colon eingestellt ist und mit dem Anfangsstück des Blinddarmes einen sehr spitzen Winkel bildet, an diesem letzteren eine kurze halbmondförmige Falte, welche der unteren Klappenlippe des Menschen entspricht. Eine obere Klappenlippe ist nicht vorhanden. Ein ganz ähnliches Verhalten habe ich bei einigen Pflanzenfressern gesehen. Bei der Katze hingegen, wo das Dünndarmende annähernd senkrecht an die Wand des Dickdarmes herantritt, ist keine eigentliche Klappe, sondern nur ein leicht vortretender Ringwulst der Schleimhaut zu sehen. Bei einigen Affen (Pavian, Cercocebus), welche einen kurzen, ziemlich weiten, gegen das Colon abgeknickten Blinddarm besitzen, habe ich eine wohl ausgebildete Valvula coli mit stark vorragenden Frena gefunden, jedoch war die untere Lippe verhältnissmässig sehr kurz und mit einem tief ausgeschnittenen freien Rand versehen; die Klappenöffnung war weit und rundlich.

Ich zweifle nicht, dass die Formverschiedenheiten der Valvula coli beim erwachsenen Menschen, welche sich insbesondere auf Gestalt, Grösse und Richtung der unteren Lippe beziehen und sich in nicht unerheblicher Breite bewegen, auf den wiederholt betonten kleinen Abweichungen in dem Entwicklungsgang des Blinddarmes beruhen; sie müssen, wie mir scheint, bei Beurtheilung der Schlussfähigkeit der Klappe mehr als bis jetzt geschehen ist, in Betracht gezogen worden. Die Thatsache, dass sich die Valvula coli bei dem neugeborenen Kind in der grossen Mehrzahl der Fälle als insufficient erweist, ist jedenfalls auf die noch unvollständige Ausbildung, d. i. auf die relative Kürze und die halbkreisförmige Begrenzung der unteren Lippe zurückzuführen.

Dass die Klappe auch am Erwachsenen bei contrahirtem Blinddarm andere Formverhältnisse zeigt als bei ausgedehntem Blinddarm, und zwar ganz analog, wie dies oben für das neugeborene Kind geschildert worden ist, bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung.

Der feinere Bau der Valvula coli trägt das deutliche Gepräge ihrer Entwicklung. Die Vorkommnisse an der Schleimhaut habe ich nicht nöthig zu berühren, da sie durch C. v. Langer[1] ausführlich behandelt worden sind. Hingegen habe ich hinsichtlich der Muskelschichten Einiges zu bemerken. Die seit Huschke[2] und Luschka[3] allgemein eingebürgerte Lehre, dass von der Muskelhaut des Darmes nur die Kreisfaserschichte in die Klappenlippen eindringe, die Längsfaserschichte aber zur Gänze oberflächlich von dem Ileum auf das Colon übergehe, habe ich nicht als zutreffend gefunden.

Hat man von der in Pikrinsäure und Alkohol erhärteten Klappe eines erwachsenen Menschen senkrechte Durchschnitte in der Richtung des Dünndarmeintrittes angefertigt, so ergibt die mikroskopische Untersuchung derselben, dass die Bündel der Kreisfaserschichte, welche vom Dickdarm und vom Ileum aus in eine jede Klappenlippe eintreten, innerhalb dieser zu zwei scharf gesonderten Reihen geordnet sind, zwischen welchen eine Schichte von längsgetroffenen Muskelfaserbündeln eingeschaltet ist (Fig. 22 zeigt dieses Verhältniss bei schwacher Vergrösserung). In der Nähe des Lippenrandes, wo die beiden Reihen der Kreisfaserbündel in einander übergehen, verschwindet die Längsfaserschichte. An Durchschnitten, welche senkrecht zur Richtung des Dünndarmeintrittes, d. i. parallel dem freien Rande der Klappenlippen geführt worden sind, kann die Richtigkeit dieser Thatsache erprobt werden. Verfolgt man an den senkrecht zum Lippenrand geführten Durchschnitten die Längsfaserschichte bis an die Darmwand, so sieht man

---

1 C. v. Langer, Über das Verhalten der Darmschleimhaut an der Iliocoecal-Klappe nebst Bemerkungen über ihre Entwicklung. Denkschr. d. kais. Akad. d. Wiss., mathem.-naturw. Classe, LIV. Bd. (1887), S. 51.

2 E. Huschke, l. c. S. 101.

3 Luschka, l. c. S. 208; auch Anatomie des menschlichen Bauches, 1862, S. 203.

dass sich ein Theil ihrer Muskelbündel der Längsfaserschichte des Dickdarmes, ein anderer Theil der Längsfaserschichte des Ileum anschliesst. In dem Winkel, den die auseinanderweichenden Wände des Dünn- und Dickdarmes mit einander bilden, befinden sich überdies mehrere in verschiedenen Richtungen getroffene Muskelfaserbündel. An manchen dieser Durchschnitte sieht man auch längsgetroffene Muskelbündel, diesen Winkel durchsetzend, aus der Längsfaserschichte des Dünndarmes direct in die des Dickdarmes eingehen. An beiden Klappenlippen sind die Verhältnisse im Wesentlichen dieselben.

Es kann also kein Zweifel darüber bestehen, dass sowohl von dem Ileum, wie von dem Dickdarm aus ein gewisser Theil der Längsmuskelfasern in die Klappenlippen übergeht, um in denselben zwischen den beiden Lagen der Kreisfaserschichte bis nahe an den Lippenrand zu verlaufen. Eine ganz kurze Strecke weit kann man die von dem Dick- und Dünndarm abkommenden Längsmuskelbündel als zwei gesonderte Schichten in der Klappenlippe erkennen, dann aber vereinigen sich beide zu einer einzigen Schichte. Sowohl die Längsfaserschichte, als jede der beiden Lagen der Kreisfaserschichte ist von geringerer Mächtigkeit als die entsprechenden Schichten der angrenzenden Dünn- und Dickdarmwand.

Das submucöse Bindegewebe ist im Allgemeinen auf der Dickdarmseite der Klappenlippen viel lockerer gefügt als an der Seite des Dünndarmes. An dem Lippenrande aber strahlen von den vereinigten Muskelschichten derbe bindegewebige Faserstränge durch das submucöse Bindegewebe bis an die Tunica propria der Schleimhaut aus, eine sehr feste Verbindung beider herstellend.

Es liegt auf der Hand, dass die geschilderte Anordnung der Musculatur der Valvula coli in der Art der Entstehung dieser letzteren begründet ist. In der Zeit, um welche im Embryo die Abknickung des Blinddarmes gegen das Colon eintritt und infolge dessen die Überlagerung des Dünndarmendes durch die Wand des Dickdarmes von oben und von unter her erfolgt (ehestens in der 8. Woche), sind die beiden Schichten der Muskelhaut des Darmes bereits gebildet, und es ist daher

von vorneherein die Bedingung gegeben, dass die Längsfaserschichten mit den Kreisfaserschichten in die Dupplicatur der Darmwand eingehen, und zwar derart, dass die ersteren durch eine dem Peritonealüberzug entstammende Schichte von Bindegewebe von einander getrennt sind. Dies ist in der That durch die mikroskopische Untersuchung erweislich, schwieriger allerdings an ganz jungen Embryonen, weil an diesen die Längsfaserschichte äusserst dünn ist, ganz leicht und deutlich aber in der 2. Hälfte des Embryonallebens, weil inzwischen die Ausbildung beider Muskelschichten sehr beträchtliche Fortschritte gemacht hat (Fig. 23). In den Figuren 16, 17 und 18 kommen diese Verhältnisse desshalb nicht gut zum Ausdruck, weil sie bei ganz schwacher Vergrösserung aufgenommen worden sind.

An Embryonen aus der ersten Hälfte der Embryonalperiode habe ich den directen Übergang von Längsmuskelbündeln von dem Dünndarm in die äussere Wandschichte des Dickdarmes nicht nachweisen können; bei älteren Embryonen von dem 6. Monate an kann man aber an zahlreichen Schnitten (nicht an allen), die man an der betreffenden Stelle in der Richtung des Dünndarmeintrittes geführt hat, solche Muskelfaserbündel erkennen. Sie sind um so reichlicher, je älter der Embryo. Bei annähernd geburtsreifen Früchten erscheint der Winkel, den die Aussenwände des Dünn- und Dickdarmes einschliessen, an manchen Präparaten von einem lichten Strickwerk glatter Muskelfasern durchsetzt, welche sich von der verhältnissmässig dicken Längsfaserschichte des Dünndarmes abheben, kleinere Gefäss- und Nervenzweige zwischen sich fassen und sich theilweise direct an die Längsfaserschichte des Dickdarmes anschliessen. Diese Durchflechtung der offenbar erst später entstandenen Muskelbündel geht so weit, dass, wie am Erwachsenen bei directer Präparation schon mit freiem Auge bemerkt werden kann, zahlreiche Muskelbündel aus der Längsfaserschichte des Ileum in die Querfaserschichte des Blinddarmes einstrahlen. Es sind dies ohne Zweifel Muskelfasern, welche sich erst nach erfolgter Bildung der Valvula coli entwickelt haben und daher nicht mehr in diese eingehen. Sie überlagern sogar jene grösseren Venen- und Arterienzweige, welche ober dem Dünndarmende aus dem Gekröse an den

Blinddarm treten, sich um die ventrale und dorsale Seite des Dünndarmendes herumschlingen und zum grösseren Theil weiterhin in der Grenzfurche verlaufen. In diese Kategorie erst später entstandener Muskelfaserbündel gehören u. A. auch jene, welche als theilweise Fortsetzung der Taenia mesenterica an der dorsalen Seite des Dünndarmendes vorbei, in der Gestalt der oben erwähnten Habenula die Grenzfurche und die in dieser verlaufenden Gefässzweige überbrücken, um als Längsfaserbündel des Blinddarmes weiter zu verlaufen. Demgemäss sind sie erst bei älteren Embryonen nachweisbar. Überhaupt ist die starke Anhäufung von Längsmuskelfasern im Bereiche der Taeniae eine Erscheinung späteren Datums. Damit hängt es zusammen, dass auch ein gewisser Antheil der Taenia posterior das Endstück der Grenzfurche sammt den darin befindlichen Gefässen in ähnlicher Weise überbrückt, wie es durch die Habenula geschieht.

Erklärung der Abbildungen.

Alle Figuren beziehen sich auf den Blinddarm des Menschen und sind nach vorliegenden Präparaten naturgetreu gezeichnet worden. Die Präparate zu Fig. 1—7 waren in Müller'scher Flüssigkeit erhärtet und in Alkohol conservirt. Die Präparate zu Fig. 8—13 und zu 19—21 waren mit concentrirter wässeriger Lösung von Pikrinsäure behandelt, von dem umgebenden Bindegewebe und soweit thunlich von dem Bauchfellüberzug befreit und in verdünntem Alkohol aufbewahrt worden. Die Figuren 16, 17, 18 und 23 sind nach Durchschnitten von in Müller'scher Flüssigkeit und Alkohol gehärteten Objecten, welche mit Hämatoxylin und Eosin gefärbt und in Damarlack eingeschlossen worden waren, gezeichnet. Die Vergrösserung ist bei den einzelnen Figuren angesetzt.

Öfters wiederkehrende Bezeichnungen:

C. Caecum,
Co. Colon (ascendens),
Gr. Grenzfurche,
H. Habenula caeci,
I. Ileum,
o. L. Obere Lippe der Valvula coli,
u. L. Untere Lippe der Valvula coli,
Pr. Processus vermiformis,
T. l. Taenia lateralis,
T. m. Taenia mesenterica,
T. p. Taenia posterior.

Fig. 1. Ein Stück der Nabelschleife des Darmes von einem Embryo aus der 6. Woche. S. Scheitel, a. absteigender Schenkel, r. rücklaufender Schenkel der Darmschleife, D. Darmanhang, als die gemeinschaftliche Anlage des Blinddarmes und des wurmförmigen Fortsatzes.

Fig. 2. Blinddarm und wurmförmiger Fortsatz mit den angrenzenden Theilen des Ileum und des Colon, von einem Embryo aus der 7. Woche.

Fig. 3. Dasselbe von einem Embryo aus der 8. Woche.

Fig. 4. Dasselbe von einem Embryo aus der 9. Woche (5 *cm* Körperlänge).

Fig. 5. Dasselbe von einem Embryo aus der 9. Woche (5·5 *cm* Körperlänge); *a* in der Ansicht von der medialen, *b* in der Ansicht von der lateralen Seite.

Fig. 6. Dasselbe von einem Embryo aus der 10. Woche (6·4 *cm* Körperlänge); *a* in der Ansicht von der dorsalen, *b* in der Ansicht von der ventralen Seite.

Fig. 7. Dasselbe von einem Embryo aus der 11. Woche (6·8 *cm* Körperlänge); *a* in der Ansicht von der dorsalen, *b* in der Ansicht von der ventralen Seite.

Fig. 8. Dasselbe von einem Embryo aus dem 8. Monat (37 *cm* Körperlänge), in der Ansicht von der dorsalen Seite. Blinddarm und Colon ascendens mässig ausgedehnt.

Fig. 9. Dasselbe von einem 1 Tag alten, gut entwickelten Mädchen (51·3 *cm* Körperlänge). Blinddarm und Colon ascendens mässig ausgedehnt.

Fig. 10. Contrahirter Blinddarm eines 9 Monate alten Knaben.

Fig. 11. Contrahirter Blinddarm eines 2 Jahre alten Knaben.

Fig. 12. Contrahirter Blinddarm eines 3 Jahre alten Mädchens, bei ausgedehntem Colon ascendens.

Fig. 13. Contrahirter Blinddarm eines 42 Jahre alten Mannes. Das Colon ascendens war leicht ausgedehnt. Die Längsmuskelschichte war allenthalben freigelegt worden.

Fig. 14. Contrahirter Blinddarm eines 13 Jahre alten Knaben, bei vollständig contrahirtem Colon ascendens. In frischem Zustand präparirt und abgebildet.

Fig. 15. Derselbe Blinddarm, nachdem er von dem Ileum aus durch Injection einer wässerigen Lösung von Pikrinsäure unter einem Druck von 25 *mm* Quecksilber (mittelst des Hering'schen Injectionsapparates) ausgedehnt worden war.

Fig. 16. Längsdurchschnitt durch den in Fig. 7 abgebildeten Blinddarm eines Embryo aus der 11. Woche in der Richtung des Dünndarmeintrittes, zur Demonstration der Entwicklung der Valvula coli.

Fig. 17. Dasselbe von einem Embryo aus dem Ende des 4. Monates (12·4 *cm* Körperlänge).

Fig. 18. Dasselbe von einem Embryo aus dem Ende des 5. Monates (20 *cm* Körperlänge).

Fig. 19. Die Valvula coli eines Embryo aus dem 8. Monat (37·2 *cm* Körperlänge), durch Abtragung der ventralen Darmwand dargestellt. Colon

ascendens und Ileum sind ganz contrahirt, der Blinddarm enthielt eine geringe Menge von Meconium.

Fig. 20. Aussergewöhnliche Form der Valvula coli bei sehr geringer Abknickung des mässig ausgedehnten Blinddarmes gegen das Colon ascendens. Von einem Embryo aus dem 8. Monat (39 *cm* Körperlänge).

Fig. 21. Infantile Form der Valvula coli, durch Abtragung der lateralen Wand des Blinddarmes dargestellt. Der Blinddarm war ziemlich stark ausgedehnt. Von einem $2^1/_2$ Monate alten Mädchen (56·4 *cm* Körperlänge).

Fig. 22. Durchschnitt durch die obere Lippe der Valvula coli eines 22 Jahre alten Mannes, in der Richtung des Dünndarmeintrittes geführt und mit Hilfe der Lupe gezeichnet. M. Einfache Längs- und doppelte Querfaserschichte der Muskulatur. B. Muskelfaserbündel, welches aus der Längsfaserschichte des Ileum abzweigt und direct in die Längsfaserschichte des Colon übergeht.

Fig. 23. Muskelschichten der oberen Lippe der Valvula coli, aus einem in der Richtung des Dünndarmeintrittes geführten Durchschnitte. Von einem Embryo aus dem 9. Monat (46 *cm* Körperlänge). M. c. Querfaserschichte des Dickdarmes, M. i. Querfaserschichte des Ileum, L. c. Längsfaserschichte des Dickdarmes, L. i. Längsfaserschichte des Ileum. Mit Reichert's Obj. 6 und Ocul. 1 gezeichnet.

Fig. 14.

Co
Tm
Tp.
Pr.
Gr
J.
C.
Tl.
1/1

Fig. 15.

Tm.
Co.
Pr.
J.
Tp.
H.
Gr.
Tl.
Tp.
1/1

Fritz Meixner del. Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

X. SITZUNG VOM 12. APRIL 1894.

Der Secretär legt das erschienene Heft VIII—X (October bis December 1893) des 102. Bandes, Abtheilung III der Sitzungsberichte vor, womit nun der Druck dieses Bandes in allen drei Abtheilungen vollendet ist.

Das Präsidium der Mathematischen Gesellschaft an der kaiserl. Universität in Moskau spricht den Dank aus für die Begrüssung dieser Gesellschaft zu ihrer 25jährigen Gründungsfeier.

Das c. M. Herr Director Th. Fuchs in Wien übersendet eine Abhandlung: »Über eine fossile *Halimeda* aus dem eocänen Sandsteine von Greifenstein«.

Herr Prof. Dr. L. Weinek, Director der k. k. Sternwarte in Prag, übermittelt weitere Fortsetzungen seiner neuesten Mondarbeiten.

Das w. M. Prof. Sigm. Exner legt eine Abhandlung von Herrn A. Kiesel in Wiesbaden vor, betitelt: »Untersuchungen zur Physiologie des facettirten Auges«.

XI. SITZUNG VOM 19. APRIL 1894.

Herr Prof. Dr. Filippo Zamboni, Privatdocent an der k. k. technischen Hochschule in Wien, übersendet ein versiegeltes Schreiben behufs Wahrung der Priorität mit der Bezeichnung »Sterne«.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. C. Toldt überreicht eine im anatomischen Institute der k. k. Universität in Wien ausgeführte Arbeit von Otto v. Aufschnaiter, betitelt: »Die Muskelhaut des menschlichen Magens«.

Das w. M. Hofrath Prof. Ad. Lieben überreicht eine in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeit von Dr. Konrad Natterer: »Chemische Untersuchungen im östlichen Mittelmeer« (IV. Abhandlung) als ein Ergebniss der IV., während des Sommers 1893 im ägäischen Meer stattgefundenen Tiefsee-Expedition S. M. Schiffes »Pola« (Schlussbericht).

Ferner überreicht Herr Hofrath Lieben drei weitere Arbeiten aus seinem Laboratorium, und zwar:

1. »Über die Oxydation normaler fetter Säuren«, von Robert Margulies.
2. »Über eine Synthese von Chinolin«, von Dr. Victor Kulisch.
3. »Über elektrolytische Bestimmung der Halogene«, von Dr. G. Vortmann.

Die Muskelhaut des menschlichen Magens

von

Otto v. Aufschnaiter.

Aus dem anatomischen Institute des Herrn Prof. Toldt.

(Mit 2 Tafeln.)

Überblickt man die Literatur über diesen Gegenstand, so findet man, dass schon die älteren Anatomen sich mit ihm eingehend beschäftigt haben. Schon im Jahre 1605 war es Bauhin, welcher an der Muskelhaut verschiedene Richtungen unterschied und dabei circuläre und schiefe Fasern beschrieb, ohne sie jedoch in Schichten von einander zu trennen. Der erste, der eine detaillirtere Beschreibung gibt, ist Helvetius (Mémoire 1719 à l'Académie des sciences),[1] der eine äussere Längsschichte als ein Band an beiden Flächen des Magens, eine Muskelschichte, die die Cardia links umschlingt, und eine Ringschichte erkennt, also die drei Schichten, jedoch nicht in der richtigen Aufeinanderfolge. Eine gute Beschreibung gibt später Bertin 1761 und nach ihm Haller, Sabatier, Meckel u. A. Auch Morgagni und Willis, als zu den ältesten Anatomen gehörig, die sich mit der Magenmuskulatur beschäftigt, möchte ich nicht unerwähnt lassen. Unter den neueren Anatomen sind es vorzüglich Sappey, Cruveilhier und Luschka, die diesem Capitel ausführlichere Besprechung widmen; unter allen diesen Bearbeitungen habe ich diejenige im Lehrbuche Luschka's als die ausführlichste und der Wirklichkeit am meisten nahe kommende gefunden. Erwähnen möchte ich

---

1 Nach Sappey.

ihrer Ausführlichkeit wegen, aber auch wegen ihrer entschiedenen Unrichtigkeit die Beschreibung der Magenmuskulatur im Lehrbuch von Hoffmann und Rauber.

Da die Angaben aller dieser Autoren theilweise unvollständig sind, theilweise unter einander und den wirklichen Verhältnissen widersprechen, so soll diese Arbeit eine kurze Darstellung der Verhältnisse der Magenmuskulatur geben und soll vor Allem zeigen, inwieweit die verschiedenen Schichten den Magen bekleiden, inwieferne sie eine Längs- und eine Ringmuskulatur an ihm darstellen und wie vielfach sich die Schichten untereinander verflechten. In allen Beschreibungen wurden die einzelnen Schichten bis auf die dritte als vollkommen den ganzen Magen bekleidende bezeichnet, und es soll daher Hauptaufgabe dieser Arbeit sein, darüber Genaueres mitzutheilen; endlich wurde auch auf die Frage der Existenz eines Oesophagusschnürers und eines Dilatator pylori in Kürze eingegangen, sowie auch auf die Structur der Muskelbündel selbst, soweit es mir möglich war, diesen Fragen gerecht zu werden.

Die Muskelhaut des Magens ist eine directe Fortsetzung der Muskelschichte des Oesophagus und geht ebenso direct in die des Duodenum über. Sie ist durchweg, wie bekannt, von glatten Muskelzellen gebildet, welche in Bündeln beisammen liegend, den Magen als Längs- und Ringfasern umkleiden. Jedes Muskelbündel besteht aus dicht neben einander gelagerten Muskelzellen. Die glatten Muskelzellen des menschlichen Magens sind von einer ganz beträchtlichen Länge (im Durchschnitte $^1/_3$ *mm* lang), an beiden Enden in eine feine Spitze auslaufend, an denen ich eine Theilung niemals beobachten konnte. Behandelt man ein möglichst frisches Muskelbündel[1] durch einige Stunden mit $35^0/_0$ Kalilauge, so zerstört dieselbe den grössten Theil der Muskelzellen, bewirkt aber ein starkes Hervortreten und Quellen der elastischen Fasern, so dass man an Stelle des Muskelbündels ein dichtes Flechtwerk elastischer Fasern sieht, die in verschiedener Stärke, sich viel-

[1] Ich hatte zur Untersuchung einen menschlichen Magen drei Stunden post mortem.

fach verzweigend, anastomosirend und sich wiederum theilend im Allgemeinen in der Richtung des Bündels ziehen. Am Rande der Bündel sieht man isolirte Muskelzellen, jedoch grösstentheils verletzt, ihre Spitzen abgebrochen, meist nur den Theil der Zelle erhalten, in welchem der Kern liegt; die im Muskelbündel selbst noch liegenden Zellen sind von dem Geflechte der elastischen Fasern wohl ganz verdeckt. Vollkommen isolirt erhält man die Muskelzellen, wenn man $20^0/_0$ Salpetersäure durch längere Zeit (zwei bis drei Tage) darauf einwirken lässt. Diese zerstört den grössten Theil der elastischen Fasern, und man sieht daher das Muskelbündel aus einer Menge ganz dicht aneinander gelagerter Zellen bestehen, welche an genügend isolirten Stellen vollkommen auseinanderfallen.

Hat man nach der Isolation mit Salpetersäure gut mit Wasser ausgewaschen und betrachtet eine Stelle, wo die Isolation noch nicht vollzogen und einige Muskelzellen dicht neben einander liegen, lässt hierauf Kalilauge von $35^0/_0$ (auch von $5^0/_0$) zufliessen, so sieht man sehr schön und deutlich, wie die Muskelzellen dabei aufquellen, sich vergrössern, aus ihrer Umrahmung herausfallen und sich auflösen, während als Umrahmung elastische Fasern zum Vorschein kommen, die in derselben Richtung wie die Muskelzellen ziehen. Demjenigen, der diesen Vorgang, welcher stets mit grosser Exactheit auftritt, des Öfteren zu beobachten Gelegenheit hat, unterliegt es wohl keinem Zweifel, dass die Muskelbündel des menschlichen Magens aus einem längsmaschigen Geflechte elastischer Fasern bestehen, in dessen dicht neben einander liegenden Lücken die Muskelzellen (vielleicht mit einer Kittsubstanz verbunden) liegen. Diese Muskelbündel sollen nun nach der Annahme der Autoren (Luschka) in elastische Sehnen übergehen; das ist allerdings im Grossen und Ganzen nicht unrichtig, richtig aber nur insoferne, als dort wo Muskelbündel in das umgebende Bindegewebe übergehen, sie die contractilen Zellen verlieren und die elastischen Fasern in das Bindegewebe radienförmig ausstrahlend übergehen. Man kann daher von Sehnen eigentlich nicht sprechen; anders ist dies am M. suspensorius Duodeni, wo die Muskelbündel aus dem Bindegewebe der Art. mesenteries superior stammen. Dort finden sich eine Reihe gleich-

mässig parallel verlaufender elastischer Fasern, zwischen denen plötzlich in scharfer Grenze Muskelzellen auftreten. Auch dort habe ich obige Untersuchungen angestellt und bin zu dem Schlusse gekommen, dass die Muskelzellen frei endigen und sich die elastischen Fasern etwas zusammendrängen, um so die Sehne zu bilden.

Die einzelnen Muskelbündel sind von ganz verschiedener Stärke und sind von einer bindegewebigen Hülle umgeben, was sie jedoch nicht hindert, vielfach unter einander zu anastomosiren und sich zu verflechten, wobei sie jedoch im Ganzen immer eine bestimmte, vorwiegende Richtung beibehalten. Sie sind je nach dem Contractionszustande des ganzen Magens stärker vorspringend oder nicht; besonders die Ringbündel springen contrahirt förmlich gewulstet vor, während sie bei dilatirtem Magen flach, platt und breit sind. Die Fasern der ersten Schichte sind an manchen Stellen, besonders aber am Fundus, so schwach, dass man sie genauer überhaupt nur bei contrahirtem Magen verfolgen kann. Im Allgemeinen ist aber die Beschreibung der Muskelschichten in dieser Arbeit zu beziehen auf einen mässig dilatirten Magen.

Interessant ist ferner, wie die Bündel im Dilatationszustande des Magens auseinanderweichen, während sie im Contractionszustande viel enger beisammen liegen. So sind die Muskelstreifen der ersten Schichte an der kleinen und grossen Curvatur, besonders an ersterer viel breiter bei dilatirtem Magen als bei contrahirtem; ferner ist die Ringschichte bei contrahirtem Magen continuirlich, während bei dilatirtem ihre Ringe auseinanderweichen und infolge ihrer vielfachen Anastomosen und Verbindungen unter einander förmlich ein Gitterwerk darstellen; endlich ist auch der Abstand der Längsbündel der dritten Schichte an der kleinen Curvatur, wo zwischen ihnen die Ringschichte der Schleimhaut anliegt, bei dilatirtem Magen grösser und kann hier der Unterschied sogar bis $1\frac{1}{2}$ *cm* betragen.

Diese Muskelbündel setzen nun in ihrer Gesammtheit die Muskelhaut des menschlichen Magens zusammen, die an verschiedenen Stellen die verschiedensten Dickenverhältnisse zeigt. Sappey gibt an, dass die Dicke der Muskulatur in der Nähe des Pylorus 3—4 *mm*, an der kleinen Curvatur $1\frac{1}{2}$ *mm*, an

beiden Flächen und der grossen Curvatur 1 *mm*, am Fundus dagegen weniger als den vierten Theil eines Millimeters betrage. Natürlich sind diese Masse individuell sowohl, als besonders nach dem jeweiligen Contractionszustande sehr verschieden. Nach meinen Messungen stimmen die Angaben Sappey's im Allgemeinen nur für einen stark dilatirten Magen. Für einen in mässiger Contraction befindlichen müssen die Zahlen etwas höher genommen werden (also entsprechend 4—5, 1·8, 1·4, 0·25).

Die Muskelbündel bilden nun am menschlichen Magen wie am übrigen Darmtract eine Längs- und eine Ringschichte. Jedoch ist infolge der eigenthümlichen Differenzirung des Magens aus dem ursprünglich einfachen Nahrungsschlauche auch eine eigenthümliche Anordnung der Muskulatur eingetreten, der zufolge der Längsschichte des Oesophagus und Duodenum nicht überall eine Längsschichte am Magen entspricht, und ebenso die Fortsetzung der Ringschichte des Oesophagus nicht allenthalben Ringschichte des Magens ist. Daraus ergibt sich auch die Nothwendigkeit, zuerst die Muskulatur nach ihrer Schichtung zu betrachten und dann erst die Beziehungen derselben als Längs- und Ringfasern eingehender zu behandeln. So einfach, wie Sappey sich das Abweichen der Magenmuskulatur in ihrem Verhalten vom übrigen Darm zurechtlegt, besonders aber den Zuwachs der dritten Schichte, dürften die Verhältnisse doch wohl nicht liegen; ich glaube, dass nur die Entwicklungsgeschichte darüber bestimmten Aufschluss geben können wird.

Wie bekannt, besteht die Muskulatur des menschlichen Magens aus drei Schichten: die erste, äussere oder Längsfaserschichte leitet sich direct aus der Längsfaserschichte des Oesophagus und des Duodenum ab. Die zweite, mittlere oder Ringfaserschichte und die dritte innerste oder schiefe Schichte sind dagegen die directe Fortsetzung der Ringschichte des Oesophagus, und es treten besonders diese beiden Schichten, was der gemeinsamen Abkunft nach als naheliegend erscheint, in vielfache Beziehungen zu einander.

Die erste, äussere, oberflächliche oder Längsfaserschichte (Fig. 1). Die die Speiseröhre bekleidenden Längsbündel, welche an der Aussenfläche der Cardia noch

eine zusammenhängende Schichte bilden, strahlen gegen den Magen zu nach allen Richtungen auseinander, ohne jedoch überall die gleiche Mächtigkeit zu bewahren. Am kräftigsten sind die Bündel an der kleinen Curvatur ausgebildet. Längs derselben zieht die von der rechten Seite des Oesophagus stammende Längsmuskulatur, einen kräftigen, circa 4 *cm* breiten Streifen bildend, herab, der von den Franzosen als Schweizer-Cravatte bezeichnet wurde (Haller). Dazu treten aus dem umgebenden Bindegewebe mikroskopisch kleine Muskelbündel, sich mit dieser Schichte vereinigend.

Manchmal findet sich aber auch ein grösseres accessorisches Bündel; dieses kommt von der linken und hinteren Seite des Hiatus oesophageus des Zwerchfells, aus dem Centrum tendineum, dortselbst entspringend; es führt quergestreifte Muskelfasern, kommt nach vorne und rechts ziehend gegen die Mitte der kleinen Curvatur und tritt als Zuwachs zu den Bündeln des oben beschriebenen Streifens hinzu. Sowie es sich an die Muskelhaut anlegt, hören die quergestreiften Muskelfasern, conisch in stumpfe Spitzen auslaufend, auf, und zwischen den Ausläufen beginnen die Bündel der glatten Muskulatur; von dort ab lässt sich auch das Bündel von den umgebenden nicht mehr unterscheiden und verflicht sich mit ihnen. Von derartigen Muskelbündeln finden wir schon bei Haller Erwähnung, der sie zweimal gesehen zu haben scheint und der sich wiederum auf Winslow beruft. Cruveilhier (1877) macht ebenfalls die Angabe, ein solches Bündel gefunden zu haben, ebenso Sappey. Luschka gibt an, mehrmals vom linken Umfange des Oesophagus-Schlitzes Bündel abgehen und in die Längsschichte des Magens einstrahlen gesehen zu haben; über den Charakter der in ihm enthaltenen Muskelfasern darin hat sich bisher noch Niemand ausgesprochen. Ich halte dieses Bündel für einen ziemlich häufigen Befund.

Der Streifen von Längsbündeln an der kleinen Curvatur verbreitert sich allmälig bis etwa auf $5^1/_2$ *cm*, um von dort ab sich in zwei Theile zu theilen, so dass dadurch die Hauptbündel etwas von der Mitte abweichen und so, den Pylorus oben und auf beiden Seiten umgreifend, direct in die Längsmuskulatur des Duodenum übergehen. Dabei werden natür-

lich die Bündel in der Mitte der kleinen Curvatur infolge des Abweichens der Hauptbündel immer spärlicher, beginnen aber Handbreit (etwa 9 *cm*) entfernt vom Pylorus wieder dichter zu werden und zeigen am Pylorus selbst auch in der Mitte dieselbe Stärke wie die anderen Bündel; so kommt es, dass der Pylorus an seiner oberen Hälfte eine continuirliche Längsschichte aus mässig dicken Bündeln besitzt, die als die Fortsetzung der Längsbündel der kleinen Curvatur auf das Duodenum anzusehen sind. Das nun an der kleinen Curvatur nach links folgende Bündel, das scheinbar noch zu dem beschriebenen Streifen gehört, hört aber schon in der ersten Hälfte desselben sich auffasernd auf und bildet so den Übergang zu den folgenden Bündeln, welche nicht mehr die Längsrichtung an der kleinen Curvatur beibehalten, sondern allmälig mehr horizontal verlaufen und endlich nach aufwärts gegen den Fundus umbiegen. Dadurch wird zwischen dem letzten Bündel an der kleinen Curvatur und den ersten gegen den Fundus zu umbiegenden, welche zumeist aus einem starken Oesophagus-Bündel stammen, ein nach links zu offener Winkel gebildet, in dem die nächst tiefere Schichte zum Vorschein kommt. Diese von der Vorder- und Hinterfläche des Oesophagus auf den Magen ausstrahlenden Bündel sind viel schwächer als die andern und lassen sich auch nicht weit verfolgen, da sie sich theilweise in der nächsten Schichte verlieren (Fig. 4). Die nach der linken Seite hin nun folgenden Bündel biegen immer mehr nach aufwärts um, wobei sie den Fundus umgreifen; sie gehen dabei nicht mehr in die Ringschichte über und werden immer kräftiger und dichter, und die von der linken Seite des Oesophagus stammenden Bündel überziehen endlich als eine breite, dichte, aber feinfaserige Längsschichte die Kuppe des Fundus.

Der übrige Theil der ersten Schichte kann leichter vom Duodenum aus verfolgt werden, da er dort an der unteren Hälfte des Pylorus eine vom Duodenum auf den Magen continuirlich übergehende Schichte von mässig dicken Bündeln bildet, die ohne scharfe Grenze mit jenen, welche die obere Hälfte bekleiden, zusammenfliessen; es geht also die Längsmuskulatur des Duodenums über den Pylorus weg als Längsfaserschichte auf den Magen über; dabei liegen auf der Vorder- und Hinter-

fläche die Bündel besonders straff und dicht und sind hier fest mit dem Peritoneum verbunden, wodurch sie ein eigenthümliches bandartiges Ansehen erhalten und daher auch als Ligamenta lateralia pylori bezeichnet wurden.[1] Dieser regelmässige Übergang der Längsbündel des Duodenums findet nur statt bis Handbreit ober dem Pylorus, wo manchmal der pylorische Theil vom übrigen Magen durch eine Furche abgegrenzt wird; dort theilen sich die Längsfasern; die einen gehen nach aufwärts gegen die kleine Curvatur und sind bereits beschrieben die andern ziehen, eine breite, aber sehr schwache, aus äusserst feinen, sich vielfach verflechtenden kleinen Bündelchen bestehende Schichte bildend, längs der ganzen grossen Curvatur und der Vorder- und Hinterfläche gegen den Fundus hin, um sich dort mit den vom Oesophagus herabkommenden Längsfasern zu vereinigen; dabei grenzen sie sich etwa $5^1/_2$ *cm* entfernt von der kleinen Curvatur, in einer mit dieser parallel verlaufenden, mehr oder weniger scharfen Linie von den dort zum Vorschein kommenden Ringbündeln der zweiten Schichte ab. Die von der linken Seite des Oesophagus stammenden Längsbündel ziehen, wie schon beschrieben, in breiter feinfaseriger Schichte über die Kuppe des Fundus und vereinigen sich mit der ebenso breiten Längsfaserschichte an der grossen Curvatur auf beiden Flächen des Magens, so einen ununterbrochenen Streifen von Längsfasern vom Oesophagus bis zum Pylorus bildend. Dabei befindet sich am Fundus die untere Grenze dieses Streifens annähernd in einer Linie, welche vom Beginn der kleinen Curvatur horizontal nach links zieht, die daher den Fundustheil des Magens abkappt und die ich, da sie später noch öfter besprochen werden wird, einfach die Grenzlinie des Fundus nennen will, wenn diese auch in Wirklichkeit etwas höher liegt.

Wenn wir daher die erste Schichte überblicken, so finden wir, dass sich das Zustandekommen ihrer Verhältnisse vielleicht aus der an verschiedenen Stellen verschiedenen Erweiterung des Nahrungsschlauches erklären lässt; dort nämlich, wo

---

[1] Siehe darüber Huschke, Lehre von den Eingeweiden und Sinnesorganen, 1844.

der Magen seiner Gestalt nach annähernd dem übrigen Darmrohre entspricht, also am Pylorus-Theile, ist er durchwegs von Längsfasern bekleidet; nur am Körper und am Fundus finden sich andere Verhältnisse: kurz zusammengefasst verläuft die erste Schichte als schmaler Streifen längs der kleinen und als breiter, aber dabei schwacher an der grossen Curvatur; wo infolge der Ausdehnung des Magens die Streifen an der Vorder- und Hinterfläche klaffen, ist die Längsmuskulatur des Oesophagus nur sehr spärlich auf den Magen zu verfolgen und geht dabei in die Ringschichte über, die in einem dreieckigen Felde an die Oberfläche tritt.

Es ist wohl selbstverständlich, dass die Verhältnisse am kindlichen Magen dieselben sind wie an dem des Erwachsenen; doch ist, wohl wegen der noch geringen Ausdehnung des Magens, diese Schichte, besonders am Fundus, am kindlichen Magen stärker ausgebildet.

Individuelle Verschiedenheiten finden sich gerade in der Ausbildung dieser Schichte, indem sie manchmal besonders stark entwickelt ist und dann fast die ganze Fläche des Magens als Längsfaserschichte bekleidet. Eigenthümlich und in ihrer Ableitung nur dann erklärlich, wenn man annimmt, dass Theile der Muskulatur des Magens sich unabhängig von der am übrigen Darmcanal entwickeln, sind dann Bündel, welche sich an die Längsbündel an der kleinen Curvatur nach links anschliessen und, ohne mit den Längsfasern des Oesophagus eine nachweisbare Verbindung einzugehen, gegen den Fundus zu umbiegen. Ähnliche Verhältnisse scheinen bei Thieren als Regel vorzukommen; ich habe gelegentlich die Magenmuskulatur von Affen und Hunden untersucht und mit Ausnahme der besonders starken Ausbildung der ersten Schichte im Wesentlichen dieselben Verhältnisse gefunden. Schon Haller gibt an, dass alle Säugethiere, besonders aber das Pferd, ähnliche Muskelverhältnisse des Magens wie der Mensch besitzen.

Die zweite, mittlere oder Ringfaserschichte (Fig. 2). Diese Schichte bildet in ihrer ganzen Ausdehnung eine Ringmuskulatur; sie setzt sich fort aus den Ringbündeln der rechten Seite des Oesophagus, also an der kleinen Curvatur. In ihrem Beginne an der Cardia ist diese Muskelschichte besonders stark,

und es strahlen die ersten Bündel nach links und aufwärts, also über die Grenzlinie des Fundus hinaus gegen die grosse Curvatur, sehr schwache und theilweise unvollkommene Kreise bildend, ferner horizontal nach links und endlich etwas nach abwärts, dabei immer kräftiger werdend, so dass die Bündel, da sie von einem Punkte an der Cardia ausgehend, einen grösseren Abschnitt der grossen Curvatur bekleiden, radienförmig auseinander strahlen müssen. Die nun folgenden Bündel an der kleinen Curvatur bekleiden die grosse Curvatur in gleichmässigen, sich vielfach verzweigenden und anastomosirenden Ringen, nur wenig breiter an der grossen Curvatur; dabei müssen die den obersten folgenden Ringe, nach dem oben Gesagten, immer von rechts oben leicht schief nach links unten verlaufen, was auch bei der natürlichen Lage des Magens thatsächlich der Fall ist; diese sich vielfach verzweigenden und daher eigentlich ein Geflecht darstellenden Ringe[1] werden, da das Magenlumen gegen den Pylorus zu immer enger wird, ebenfalls immer kleiner und nehmen dabei constant von oben nach unten bis zum Pylorus an Stärke zu. Handbreit vor dem Pylorus, dort wo der pylorische Antheil des Magens oft eine scharfe Grenze gegen den übrigen besitzt, sind wiederum die Ringfasern an der kleinen Curvatur bis kurz vor dem Pylorus dicht gedrängt und mächtig, dabei vielfach unter einander laufend, und strahlen radienförmig gegen die grosse Curvatur aus; in der Anordnung dieser Schichte prägt sich also sowohl an der Cardia, als auch am Pylorus eine Beugung aus, indem an beiden Stellen die Bündel an der kleinen Curvatur dicht gedrängt sind und gegen die grosse hin ausstrahlen; sie zeigt auch, dass die Verkürzung der kleinen Curvatur gegen die grosse nur den Fundus- und den Pylorus-Antheil des Magens betrifft, dazwischen aber kleine und grosse Curvatur ziemlich gleichen Schritt halten. Am Pylorus nun erfährt die Ringmuskulatur plötzlich eine bedeutende Verdickung, wodurch der Pylorusring entsteht; von ihm aus geht die Muskulatur in eigenthümlicher Anord-

---

[1] Infolge dieser vielfachen Verflechtung lässt sich die Annahme mancher Autoren erklären, zufolge deren die Ringmuskulatur in spiraligen Touren den Magen umkleiden solle.

nung auf das Duodenum über; diese Verhältnisse sollen später besprochen werden.

Die zweite Schichte bekleidet also in gleichmässigen Ringen den ganzen Magen mit Ausnahme des Fundustheiles desselben; ihre Ableitung und Deutung analog der Ringschichte am übrigen Darmtract wäre jedoch nur dann leicht erklärlich, wenn sie den ganzen Magen bekleiden würde. Die unrichtige Annahme, dass die zweite Schichte auch den Fundus bekleide, machte mit den andern Autoren auch Sappey, und es wurde ihm daher leicht, eine Analogie der zweiten Schichte mit der Ringfaserschichte des übrigen Darmtractes anzunehmen.

Die dritte, innerste, schiefe Schichte, auch elliptische oder parabolische (Fig. 2) genannt. Die Franzosen nennen sie die elliptische oder parabolische, die Deutschen, unklar warum, die schiefe Schichte. Nach Luschka soll sie Willis zuerst beobachtet und beschrieben haben. Die dritte Schichte ist zum Theil eine Längsschichte, zum Theil aber eine Ringschichte, nämlich am Fundus; sie setzt sich aus den Ringbündeln an der linken Seite des Oesophagus fort und zieht in ihrem Hauptantheile an der vorderen und hinteren Wand nach abwärts gegen den Pylorus, daher sich die Bündel dieser und der vorigen Schichte überkreuzen müssen. Die Bündel dieser Schichte sind an der Cardia sehr stark und springen wulstartig vor; sie umgreifen schleifenförmig den Oesophagus an seiner linken Seite und ziehen etwa $1^1/_2$ *cm* von der kleinen Curvatur entfernt, mit ihr parallel verlaufend bis Handbreit vor dem Pylorus, wobei an der kleinen Curvatur in einem annähernd 4—5 *cm* breiten Streifen die Ringmuskulatur der Schleimhaut anliegt. Die am nächsten der kleinen Curvatur liegenden Bündel sind diejenigen, welche dabei den längsten Weg machen und am weitesten nach unten verlaufen; sie gehen, dort angelangt, entweder ganz in die Schleimhaut über oder es biegt ein kleinerer oder grösserer Theil in die Kreisfaserschichte, sich mit ihr vereinigend, um; von den nun folgenden Bündeln, die einen immer kleineren Weg zu machen haben, biegt ein Theil in die Ringschichte um, während der andere Theil in die Submucosa übergeht, wobei die Muskelzellen des Bündels

verschwinden und die einstrahlenden elastischen Fasern nur mehr eine ganz kurze Strecke in die Schleimhaut zu verfolgen sind. Dieser Übergang der dritten Schichte theils in die Schleimhaut und theils in die Ringschichte geschieht in einer ziemlich scharfen Linie, welche, $1^1/_2$ *cm* links von der kleinen Curvatur Handbreit entfernt vom Pylorus beginnend, nach aufwärts zieht, um die Grenzlinie des Fundus etwa $4^1/_2$ *cm* nach links von der Cardia zu treffen; dadurch erscheint dieser Theil der dritten Schichte an der Vorder- und Hinterfläche des Magens in Gestalt eines Dreieckes. Die Bündel der dritten Schichte beschreiben daher Parabeln, oder wenn man ihr Einstrahlen in die der zweiten Schichte berücksichtigt, elliptische Bögen, deren obere grössere Hälfte immer selbständig von der dritten Schichte gebildet wird, während die untere mit der Ringschichte zusammenfliesst.[1] Die der kleinen Curvatur zunächst liegenden Parabeln verlaufen fast senkrecht; da die Bündel links vom Oesophagus ganz dicht gedrängt liegen, an der grossen Curvatur aber von Handbreit ober dem Pylorus an bis fast zur Grenzlinie des Fundus reichen, so müssen die Ellipsen excentrisch zu einander geordnet sein und radienförmig gegen den Fundus hinauf ausstrahlen; dabei geben die Längsbündel von ihrer untersten Umbiegungsstelle in die Kreisfaserschichte an immer geringere Antheile an die Schleimhaut ab, so dass unterhalb der Grenzlinie des Fundus die Bündel nur mehr in die Ringschichte einstrahlen. Die gegen den Fundus hin immer mehr der Horizontalstellung näher kommenden Ellipsen werden dabei immer mehr kreisförmig und werden gegen die Grenzlinie des Fundus hin sehr spärlich und schwach, beginnen aber oberhalb der Grenzlinie wieder stärker ausgebildet zu sein, so dass zwischen den letzten stärkeren, unterhalb der Grenzlinie des Fundus liegenden Bündeln und denen, welche ober derselben den Fundus als Ringbündel umgeben, nur sehr spärliche Muskelfasern vorhanden sind und diese mit den obersten Ringbündeln verschmelzen. Am Fundus übernimmt also die

---

[1] Mehrere Autoren, u. A. Luschka, behaupten, diese Schichte bewirke bei der Contraction einen förmlichen Canal, so dass besonders Flüssigkeiten längs der kleinen Curvatur direct in das Duodenum gelangen können.

dritte Schichte die Bildung von concentrischen Ringen, welche immer kleiner werden, und deren kleinster an der Kuppe des Fundus liegt. Im Centrum des kleinsten Kreises befindet sich Bindegewebe, und die Fasern der ersten Schichte ziehen darüber hinweg (Fig. 5). Von der Grenzlinie des Fundus an können die Bündel der dritten Schichte nicht mehr in die der zweiten übergehen, da ja keine solchen mehr vorhanden, sondern sie bilden ganz selbständige Ringe. Auffällig ist die schwache Ausbildung dieser Muskulatur am Fundus, wo bei stark dilatirtem Magen stellenweise die Muskelbündel nur sehr schwer zu sehen sind, so dass die Verhältnisse nur bei contrahirtem Magen überblickt werden können; deutlich zu sehen ist die Anordnung der Fundusmuskulatur am kindlichen Magen (besonders des Neugeborenen), wo der Fundus noch nicht so stark ausgedehnt ist wie beim Erwachsenen und sich daher als sehr muskelstark erweist (Fig. 5); im Übrigen sind beim Neugeborenen die Längsbündel dieser Schichte im Verhältnisse lange nicht so kräftig entwickelt als beim Erwachsenen. Beim Neugeborenen ist der Oesophagus immer weit offen zu finden, während der pylorische Antheil des Magens stets stark contrahirt erscheint. Vielleicht sind diese Umstände, ferner die weniger mächtige Entwicklung der dritten Schichte besonders am Oesophagus (daher der Constrictor oesophagi auch schlecht entwickelt) und die starke Ausbildung der Fundusmuskulatur Momente, welche das häufige Erbrechen der Neugeborenen theilweise erklären könnten.

Wie aus der Beschreibung der einzelnen Schichten hervorgeht, sind der Pylorus und die Cardia die muskelstärksten, der Fundus aber der muskelschwächste Antheil des Magens. Wie ferner bei der Beschreibung schon an einzelnen Stellen hervorgehoben wurde, ist die Grenze der einzelnen Schichten keine scharfe, wie man auf den ersten Blick hin glauben möchte, sondern die Schichten gehen vielfach in einander über, besonders an ihren Grenzen. Dieses Übergehen der Schichten in einander wurde von den Autoren wenig berücksichtigt; allgemein bekannt ist nur, dass die dritte Schichte, wie schon beschrieben, in die zweite umbiegt; ausserdem hat Luschka als der einzige erwähnt, dass einzelne Bündel der dritten

Schichte die Cardia vollständig umgreifen, wobei sie in diejenigen der Ringfaserschichte übergehen. Nach meinen Beobachtungen kann ich darüber Folgendes mittheilen:

Die Bündel der ersten Schichte gehen an der Vorder- und Hinterfläche des Magens vom Oesophagus herabkommend, wie schon beschrieben, in die zweite Schichte über; ferner geht der grössere Theil der Längsbündel der dritten Schichte an der grossen Curvatur in die Ringschichte über; anderseits gehen am Beginn der kleinen Curvatur von den beiden Muskelschleifen der dritten Schichte Bündel in die zweite Schichte, so den Oesophagus umgreifend, über, während etwas weiter unten das umgekehrte Verhältniss stattfindet, und die Bündel der zweiten Schichte in mannigfaltigster Weise in die dritte Schichte übergehen. Auch ein Bündel der ersten Schichte, und zwar vom Rande des Längsbandes an der kleinen Curvatur sieht man manchmal eines der dort befindlichen Gefässlöcher durchbrechen und sich im Beginn der dritten Schichte, mit der es die gleiche Richtung hat, fortsetzen. Auch dort, wo die Schichten einander auflagern, sieht man Übergänge der Muskelbündel, so besonders an der Cardia, wo die Verhältnisse desshalb sehr complicirt liegen. Unter dem Mikroskop kann man natürlich noch mehr solcher Verbindungen der Schichten unter einander beobachten; so z. B. dort, wo die erste Schichte an der grossen Curvatur der Ringschichte als feine Längsfaserschichte aufliegt; besonders auch dort, wo diese Schichte über die Kreisfaserschichte des Fundus hinwegzieht und wo man manchmal an der oft wirbelförmigen Anordnung der Muskelbündelchen die Verflechtung schon makroskopisch wahrnehmen kann. Auch mit dem Peritoneum treten Muskelfasern an einzelnen Stellen in engere Beziehungen. Der Peritoneal-Überzug des menschlichen Magens lässt sich an der kleinen Curvatur mit grosser Leichtigkeit von der Muskelschichte ablösen, bis zu einer mehr oder minder scharfen Linie, an welcher das Längsmuskelband der ersten Schichte an der grossen Curvatur beginnt; von dort ab sind das Peritoneum und die feinfaserige Muskelschichte fest mit einander verwachsen. Dort, wo sich nun das Peritoneum an der grossen Curvatur abhebt, lässt sich die Längsmuskulatur in einem etwa 3 *cm* breiten Streifen bloss-

legen. Beobachtet man den Übergang des Peritoneums auf die Magenwand, so kann man sehen, dass sich der bindegewebige Antheil desselben innig mit der Längsmuskulatur vereinigt, während die Epithellamelle darüber hinweg auf die Magenwand zieht.

Ich komme nun zur Erörterung der drei Muskelschichten in ihren Beziehungen zu einer Längs- und Ringfaserschichte, die sie am Magen wie am übrigen Darme bilden. Dabei muss vor Allem im Auge behalten werden: 1. dass der Magen in seiner ganzen Ausdehnung von einer Längsschichte und einer Ringschichte bekleidet wird, dass aber nicht wie am übrigen Darm die Längsschichte überall sich an der äusseren Fläche befindet; 2. dass sowohl die erste, als auch die dritte Schichte theilweise die Längsmuskulatur bilden, theilweise aber zur Ringmuskulatur gehören und die Übergänge daher nicht überall scharfe, sondern allmälige sind; endlich 3. dass der Magen fast allenthalben nur von zwei Muskelschichten bekleidet wird, indem die dritte Schichte überall dort eintritt, wo die erste und die zweite Schichte am Magen fehlen. Es lässt sich daher die Anwesenheit der dritten Schichte leicht erklären, wenn man nur ihre Function im Auge hat, schwer aber ist ihre Ableitung analog dem übrigen Darmtract, wenn man nicht annimmt, dass die Muskulatur des Magens sich theilweise unabhängig von der des Darmes entwickelt.

Die erste Schichte bekleidet, wie bekannt, in zwei Streifen, der schmälere an der kleinen Curvatur, der breite an der grossen, den Magen als Längsschichte (Fig. 3). An beiden Flächen klaffen die Bänder und lassen so ein dreieckiges Feld von Längsmuskulatur unbekleidet, das gegen die grosse Curvatur sich durch den Beginn des breiten Muskelstreifens abgrenzt. In diesem Dreieck gehen die vom Oesophagus herabziehenden Längsbündel in die Ringschichte über; diejenigen Bündel nun, welche in der Grenzlinie des Fundus liegen, wo die Ringmuskulatur der zweiten Schichte nach oben zu aufhört, ziehen nach links und bekleiden dabei den Magen in der Richtung der Ringbündel, um so eine kurze Strecke die Ringmuskulatur nach oben gegen den Fundus hin fortzusetzen. Dabei bilden sie jedoch nicht vollkommen geschlossene Kreise, sondern sie ziehen gegen die

ersten nach links und aufwärts verlaufenden Ringbündel, um sich mit ihnen zu vereinigen und so eine Lücke auszufüllen, die zwischen den obersten Ringbündeln der zweiten Schichte und den untersten Fundusringbündeln besteht. Dieser kleine Theil der ersten Schichte erscheint daher als selbständige Ringschichte in Gestalt eines gleichschenkligen Dreieckes zwischen dem Beginne der Ringfaserschichte und dem der Fundusringbündel der dritten Schichte, mit der Spitze an der grossen Curvatur und der Basis am Oesophagus-Ansatz; sie wird von den Fundusringbündeln der dritten Schichte nach oben zu fortgesetzt; sobald nämlich die dritte Schichte als Ringschichte für den Fundus eintritt, treten die Bündel der ersten Schichte, immer mehr die Längsrichtung gewinnend, über sie weg und vereinigen sich mit dem Längsbande an der grossen Curvatur.

Dieses ganze Verhältniss habe ich etwas schematisirt geschildert, da gerade in der Grenzlinie des Fundus vielfache Verflechtungen der Schichten unter einander statthaben; aber im Wesentlichen finden sich immer dieselben Verhältnisse.

Die zweite Schichte ist durchweg eine Ringschichte, deren Ringe allerdings in der Grenzlinie des Fundus und kurz vor dem Pylorus etwas radienförmig zu einander gestellt sind, mit dem betreffenden Ausgangspunkte an der kleinen Curvatur; den Fundus bekleidet sie nicht. Die dritte Schichte besteht aus zwei Abschnitten; der untere bildet eine Längsschichte in Gestalt des schon erwähnten Dreieckes; er bekleidet den Magen dort mit Längsbündeln, wo die erste Schichte keine Längsmuskulatur aufzuweisen hat. Die Richtung der Bündel ist dabei in Fortsetzung dieselbe, wie die Richtung der untersten Längsbündel der ersten Schichte an der kleinen Curvatur, von welchen manchmal, wie schon gesagt, eines direct, ohne seine Richtung zu verändern, in die dritte Schichte übergehen kann. Die Grenze dieser dritten Schichte fällt immer genau zusammen mit derjenigen der Längsbündel an der kleinen Curvatur und hält sich dabei ziemlich genau an die die Muskulatur dortselbst durchbohrenden Gefässlöcher. In manchen Fällen deckt sich das Dreieck, welches an der Aussenfläche durch das Fehlen der Längsschichte gebildet wird, mit

dem inneren Dreieck, das von den Längsbündeln der dritten Schichte dargestellt wird, vollkommen; jedoch ist dieses Verhältniss nicht immer scharf ausgeprägt, da die Ausdehnung der ersten Schichte, wie schon gesagt, individuell verschieden sein kann. In ihrem oberen Abschnitt setzt die dritte Schichte die Ringschichte gegen den Fundus hin fort, indem sie sich auf die eine Ringmuskulatur darstellenden Bündel der ersten Schichte, im Beginne sich mit ihnen verflechtend, aufsetzt, und so mittelst concentrischen Kreisen die Ringschichte zum Abschluss bringt.

Fassen wir die Anordnung der Längs- und Ringmuskulatur kurz zusammen, so ergibt sich folgendes Schema:

	Längsmuskulatur	Ringmuskulatur
Kleine Curvatur:	I. Schichte	II. Schichte
Fundus:	I. Schichte	III. Schichte
Am Dreieck an beiden Flächen:	III. Schichte	II., dann eine kleine Strecke I. Schichte
Grosse Curvatur:	I. Schichte	II. Schichte (mit der einstrahlenden III.)
Pylorischer Magenabschnitt:	I. Schichte	II. Schichte

Zum Schlusse bleibt noch die genauere Beschreibung der Cardia und des Pylorus. Die C a r d i a ist derjenige Theil des Magens, an welchem sich die Muskulatur am complicirtesten verhält, da die verschiedenen Muskelschichten gerade dort am meisten in einander übergehen. Präparirt man den Peritonealüberzug von der Cardia ab, so sieht man die erste Schichte; dabei bemerkt man, wie schon die letzten an der kleinen Curvatur hinziehenden Längsbündel kleine, in die Ringschichte einstrahlende Bündel abgeben, und dass dann, wie schon beschrieben, die nach oben und links zu folgenden Bündel sich zuerst mit der Ringschichte verflechten, dann selbständig eine solche bilden, dann sich mit den Fundusringbündeln der dritten Schichten verflechten, um endlich selbständig wieder als Längsschichte aufzutreten. Präparirt man nach Umstülpung des Magens die Schleimhaut von Oesophagus und Cardia

los, so findet man am Oesophagus die Ringschichte in schönen Ringen verlaufen. An der Stelle jedoch, wo sich der Oesophagus allmälig zur Cardia erweitert, beginnen die Ringbündel sich zu kreuzen, indem die an der kleinen Curvatur gelegenen Bündel als zweite Schichte nach links ziehen, die an der grossen jedoch als dritte Schichte nach rechts gegen den Pylorus hin verlaufen. Diese Kreuzung vollzieht sich ganz allmälig und mit einer starken Verflechtung der Fasern, wobei die beiden Schichten in ihrem Beginne unmöglich von einander zu trennen sind. Will man am untersten Oesophagus-Antheil und an der Cardia Längs- und Ringschichte von einander trennen, so wird man finden, dass die Längsfasern an dieser Stelle vielfach in die tiefer gelegene Ringschichte übergehen, namentlich in die Verflechtung der zweiten und dritten Schichte, dass aber dabei die meisten Bündel in die Längsbündel der dritten Schichte übergehen.

Wie bereits beschrieben wurde, springt die dritte Schichte in ihrem Beginne links am Oesophagus wulstartig vor, den Oesophagus dabei scharf vom Magen absetzend; anderseits ist die zweite Schichte am Beginne der kleinen Curvatur stark entwickelt, und gehen Bündel der dritten Schichte, so den Oesophagus umgreifend, in die zweite über; beide Schichten bilden daher zwei im stumpfen Winkel zusammentreffende und theilweise in einander übergehende Schlingen, welche wegen der Mächtigkeit ihrer Entwicklung und ihres wulstartigen Vorspringens wohl die Bedeutung eines Cardiaschnürers besitzen (Fig. 6). Dieser Cardiaschnürer bildet schon lange eine strittige Frage, indem ihn die älteren Anatomen angenommen, die meisten jüngeren aber wieder geleugnet haben. Der erste, der die Existenz eines Cardiaschnürers erwähnt, ist wohl Helvetius 1719. Huschke, 1844, behauptet, dass ein Schnürer vorhanden, gibt aber an, dass denselben nur die dritte Schichte bilde und nennt ihn Sphincter cardiaes. Collare Helvetii. Cruveilhier sagt darüber in seiner Anatomie: »Viele haben einen Oesophagusschnürer angegeben, aber dieser existirt nicht. Am decidirtesten spricht darüber Sappey wie folgt: »Celles qui repondent au côté droit du cardia concourent à former avec les fibres elliptiques qui repondent au côté gauche du même

orifice, un autre sphincter moins accusé, mais non moins réell que le précédent.

Aus dem Übergang der dritten in die zweite Schichte an der kleinen Curvatur erklären sich auch die Achtertouren, die von manchen Autoren (z. B. Hoffmann) angegeben werden, indem die Muskelbündel der dritten Schichte den Oesophagus schlingenförmig umgreifen und in die zweite Schichte, mit ihr die Tour vollendend übergehen; oder indem die Muskelbündel der dritten Schichte einerseits durch die Verbindung mit der zweiten Schichte den Oesophagus umgreifen, anderseits am Fundus die Ringschichte herstellen.

Was endlich die Anordnung der Muskulatur am Pylorus betrifft, so haben sich speciell damit schon verschiedene Autoren beschäftigt, und weise ich diesbezüglich besonders auf Rüdinger hin;[1] ich will mich daher darauf beschränken, einige Punkte des Genaueren zu erörtern. Erwähnenswerth ist, dass die Muskulatur des pylorischen Antheiles des Magens bei starker Contraction sich nur allmälig und in geringem Grade zur Bildung des Pylorus-Ringes verdickt, und dieser daher sich nur desshalb als scharf begrenzter Wulst abhebt, weil die Muskelhaut des Duodenums plötzlich viel schwächer ist. Allerdings ist die Ausbildung des Ringmuskels individuell sehr verschieden.

Die Ringmuskulatur des Magens verdichtet sich am Pylorus und bildet so einen Wulst, der aus vielfach sich durchflechtenden Ringbündeln besteht, die in ihrer Gesammtheit den Constrictor pylori darstellen. Diese Ringbündel sind durch bindegewebige Scheidewände (Fig. 8 und 9) von einander getrennt; dabei ist durch eine grössere Scheidewand, die sich gegen die Schleimhaut zu in viele kleinere auffasert, der Ringmuskel in zwei Abschnitte gesondert, in einen, der mehr gegen den Magen zu liegt, und einen zweiten, der dem Duodenum zugewendet ist. In diesen Scheidewänden befinden sich ebenfalls Muskelfasern; denn es strahlt ein grosser Theil der über den Pylorus hinziehenden äusseren Längsbündel in das Bindegewebe ein, und zwar vor Allem in die erwähnte grössere Scheidewand; mit ihr fasern

---

[1] Rüdinger (München), Beiträge zur Morphologie des Gaumensegels und des Verdauungsapparates 1879.

sich die Muskelbündel gegen das Duodenum hin auf und strahlen hauptsächlich in den dem Duodenum zugewendeten Abschnitt des Pylorusringes; diese Längsbündel enden theilweise in den Scheidewänden, theilweise verflechten sie sich mit den Ringbündeln; anderseits zweigen auch von den Ringbündeln Muskelfasern ab und verflechten sich in den Scheidewänden; so können an einzelnen Stellen sich auch innen, im Bindegewebe der Submucosa, Längsbündel vorfinden; ein derartiges Verhalten sah ich jedoch nur an dem dem Duodenum zugekehrten Abschnitte des Pylorus. Dass diese in die Bindegewebsscheidewände einstrahlenden Bündel der ersten Schichte einen Dilatator vorstellen, möchte ich sehr bezweifeln; ganz bestimmt kann ich behaupten, dass eine derartige schleifenförmige Anordnung der Längsbündel, wie sie Rüdinger als Dilatator pylori beschreibt, nicht vorkommt; es gehen auch nicht an allen Stellen die Längsbündel so zahlreich in die Scheidewände über, an der grossen und kleinen Curvatur in viel geringerer Anzahl, als an der Vorder- und Hinterfläche.

Vom Pylorus (Fig. 10) aus gehen die Ringbündel in eigenthümlicher Anordnung auf das Duodenum über, und zwar in individuell sehr verschiedener Weise, für die sich im Allgemeinen folgende Norm aufstellen lässt: An der der grossen Curvatur entsprechenden Stelle zeigen sich am Beginne des Duodenum als Ringfaserschichte kleine Bögen, welche aus der Muskulatur des Pyloruswulstes hervorgehen und an welche sich concentrisch immer grössere reihen, so dass die letzten und grössten von der der kleinen Curvatur entsprechenden Stelle des Pylorusringes stammen; der Beginn der Ringfaserschichte am Duodenum wird daher nicht überall aus den ganzen Darm umgreifenden Ringen dargestellt, sondern bei aufgeschnittenem Magen und Duodenum sieht man die Ringbündel von dem Ende der kleinen Curvatur am Pylorus beginnend, im Bogen das ganze Duodenum umgreifend, wieder zu ihr zurückkehren, so dort eine starke Verflechtung bedingend; gegen den Pylorus zu folgen aber hierauf immer kleinere Bögen; dabei können die Bündel an der der kleinen Curvatur entsprechenden Stelle am Duodenum eine Strecke weit eine Längsrichtung einhalten, um dann in die Bogenform umzubiegen, und man erhält dann

an Schnitten am Duodenum als innerste Schichte scheinbar eine Längsschichte. Diejenigen Ringbündel, welche nicht mehr mit dem Pylorus in Zusammenhang stehen, welche also auf die von dem Ende der kleinen Curvatur am Ringe abgehenden Bögen folgen, sind auch noch etwas bogenförmig, ihre Bögen flachen sich aber ab, und etwa 3 *cm* unterhalb des Pylorus ordnet sich die Ringschichte am Duodenum wie am übrigen Darm.

Wie aus Beobachtungen am embryonalen Magen hervorgeht, scheint der Pylorus aus einer Einfaltung der Darmwandung an der Grenze zwischen Magen und Duodenum gebildet zu werden. Zu dieser Zeit (vierter Monat) erkennt man deutlich eine Ring- und eine Längsmuskulatur. Die Ringmuskulatur des Magens ist durchwegs gleichmässig mächtig und wird am Duodenum durch einen plötzlichen Abfall nur um weniges schwächer. Wo sich dieser Abfall befindet, ist die ganze Darmwand nach innen eingestülpt, so dass die Muskulatur des Magens und Duodenums einen nach innen vorspringenden Winkel bildet und dadurch der Pyloruswulst entsteht. Diese Art der Entwicklung erklärt die Scheidung des Pylorusringes durch eine grössere Scheidewand und das Verhalten der Muskelbündel der äusseren Schichte in derselben, sowie auch die Entstehung einer Schleimhautfalte, Valvula pylori genannt (Fig. 7 und 8).

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Die Muskelhaut des Magens von aussen.

a accessorisches Bündel,

d Dreieck, in welchem die Ringfaserschichte an die Oberfläche tritt.

Fig. 2. Die Muskelhaut des Magens von innen nach Abtragung der Schleimhaut.

Fig. 3. Schema der Magenmuskulatur am Fundus und Körper des Magens von innen gesehen.

Fig. 4. Querschnitt durch die kleine Curvatur.

1. das Längsband an der kleinen Curvatur gegen die grosse zu in die Ringschichte übergehend,
2. Ringschichte,

Fig 6.

k

1/2

Fig 3.

III. Schichte

II. Schichte

I. Schichte

Fig 10.

g

k

1/1

Fig. 8.

m

2/1

d

Autor del. Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Untersuchungen zur Physiologie des facettirten Auges

von

cand. phil. **A. Kiesel.**

(Mit 1 Tafel und 6 Textfiguren.)

Literatur.

1. Sigm. Exner: »Die Physiologie der facettirten Augen von Krebsen und Insecten«. 1891.

2. Sigm. Exner: »Durch Licht bedingte Verschiebungen des Pigmentes im Insectenauge und deren physiologische Bedeutung«. (Diese Sitzb., 98. Bd., 3. Abth., März 1889.)

3. Sigm. Exner: »Die Frage von der Functionsweise des Facettenauges«. (Biologisches Centralblatt, Bd. 1, 1881—1882, S. 278 ff.)

4. J. Notthaft: »Über die Gesichtswahrnehmungen vermittelst des Facettenauges«. (Abhandlungen, herausgegeben von der Senkenbergischen naturforschenden Gesellschaft, 12. Bd., 1881.)

5. F. Plateau: Recherches expérimentales sur la vision chez les insectes. — Les insectes distinguent — ils la forme des objets? (Communication préliminaire.) Bruxelles, 1885.

6. M. Stefanowska: »La disposition histologique du pigment dans les yeux des arthropodes sous l'influence de la lumière directe et de l'obscurité complète«. 1889.

7. W. Szczawinska: »Contribution à l'étude des yeux de quelques crustacés et recherches expérimentales sur les mouvements du pigment granuleux et des cellules pigmentaires sous l'influence de la lumière et de l'obscurité dans les yeux des crustacés et des arachnides«. 1891.

8. E. Fick: »Über Lichtwirkung auf die Netzhaut des Frosches«. (Ber. der ophthalmolog. Gesellschaft zu Heidelberg, 1889.)

9. A. Beer: »Grundriss des photometrischen Calcüles«. Braunschweig, 1854.

10. Engelmann: »Sur les mouvements des cônes et des cellules pigmentaires de la rétine sous l'influence de la lumière et du système nerveux«. 1884.

Die vorliegenden Untersuchungen über das facettirte Auge wurden zum grössten Theile bereits im Jahre 1889 angestellt. Damals reichte ich die Resultate derselben Herrn Geheimrath Prof. F. E. Schulze ein. In der Absicht, sie weiter fortzuführen, sah ich von einer Veröffentlichung ab, doch habe ich nur sehr wenig Gelegenheit finden können, meine Absicht zu verwirklichen; die weiteren Untersuchungen beschränken sich lediglich auf die Beobachtung der Pigmentverschiebung im Facettenauge bei andauernder Dunkelheit. Inzwischen ist die schöne und umfassende Arbeit von Prof. Exner: »Die Physiologie der facettirten Augen von Krebsen und Insecten« erschienen, welche unsere Kenntniss von der Functionsweise dieses eigenartigen Sehorganes ganz erheblich erweitert und vertieft hat; mit ihr, darf man wohl sagen, hat die Physiologie des Facettenauges endlich eine feste und breite Grundlage gewonnen. Zum Theil umfasst dieses Werk Untersuchungen, über welche Exner bereits früher Abhandlungen veröffentlicht hat. Eine derselben, und zwar gerade die, welche sich mit einem Gegenstande beschäftigt, den auch ich behandelt habe, erschien im Jahre 1889 (Nr. 2), also in demselben Jahre, in welchem ich meine Untersuchungen anstellte. Sie blieb mir zu jener Zeit leider unbekannt. Um nun aber die Ergebnisse dieser und der späteren Arbeiten Exner's zu verwerthen, habe ich meine damalige Abhandlung einer Umarbeitung unterzogen, unter gleichzeitiger Beifügung der Resultate der oben erwähnten weiteren Untersuchungen.

Zwei Themata habe ich nachfolgend behandelt, erstens die Pigmentverschiebung im Facettenauge einmal bei wech-

selnder Beleuchtung, dann bei andauernder Dunkelheit, und zweitens die Frage, wesshalb die Insecten, die im directen Sonnenlichte umherfliegen, nicht geblendet werden, mit welcher die über die Helligkeit, in der diese Thiere ihre Umgebung erblicken, verknüpft ist. Kurz erwähnt habe ich ausserdem eine Methode, nach welcher sich — mit Wahrscheinlichkeit wenigstens — feststellen lässt, welche Strahlen des Spectrums von Thieren, deren Augen Pigmentverschiebung zeigen, wahrgenommen werden.

I.

Bevor wir auf den ersten Gegenstand der vorliegenden Abhandlung eingehen, sei es gestattet, kurz die Hauptbestandtheile eines facettirten Auges darzulegen, so weit sie im Folgenden in Betracht kommen und soweit ihre Kenntniss für das Verständniss des Ganzen wünschenswerth ist.

Jedes facettirte Auge setzt sich aus einer grossen Anzahl von langgestreckten, im Querschnitt meist regelmässige Sechsecke darstellenden Facettengliedern zusammen, und zwar derart, dass letztere in ihrer Gesammtheit den Theil einer Kugel repräsentiren.

Fig. *A*. Fig. *B*.

An jedem einzelnen dieser Facettenglieder unterscheidet man als äussersten Theil die durchsichtige, meist mehr oder minder stark gewölbte Cornea, welche in der einen schematischen Längsschnitt durch drei aneinanderstossende Facettenglieder darstellenden Fig. *A* mit *c* bezeichnet ist. Dicht unter ihr liegt

der sogenannte Krystallkegel *k*, ein ebenfalls durchsichtiges, das Licht stark brechendes Gebilde von der Form einer Granate. Ein dritter wesentlicher Bestandtheil ist der Sehstab *s*, der bei den Nachtschmetterlingen, die ich hier im Auge habe, in einen dünnen, an den Krystallkegel sich anschliessenden Faden ausläuft. (In dem mittleren Facettengliede der Fig. *A* ist dieser Faden, um den Krystallkegel hervortreten zu lassen, nicht gezeichnet worden.) Weiter beobachtet man in fast allen Facettenaugen ein dunkles, körniges Pigment. Im Folgenden interessirt uns ausschliesslich eine aus pigmentirten Zellen bestehende Pigmentschichte, welche Exner als »Irispigment« bezeichnet, und welche in Fig. *A* als dicht unter der Cornea um die Krystallkegel liegend dargestellt und mit *p* bezeichnet ist. Diese Lage besitzt sie bei vielen Krebsen und Insecten aber nur dann, wenn sich die betreffenden Thiere im Dunkeln oder in sehr schwacher Beleuchtung befinden. Sind ihre Augen dem diffusen Tageslichte oder gar dem directen Sonnenlichte ausgesetzt, so verschieben sich die Pigmentzellen und nehmen eine Stellung ein, wie sie Fig. *B* veranschaulicht. Werden die Thiere dann wieder in die ursprüngliche schwache Beleuchtung gebracht, so wandert das Pigment in die erste Lage zurück. (Gute Längsschnitte durch Augen von Nachtschmetterlingen, theilweise mit Dunkelstellung, theilweise mit Lichtstellung des Pigmentes, zeigen uns die Figuren, 15, 28, 29, 30 und 31 des in der Einleitung genannten Exner'schen Werkes.) Der Zweck dieser eigenartigen Erscheinung kann nur der sein, die in das Auge fallende Lichtmenge zu reguliren, sie zu verringern bei starker, zu vergrössern bei schwacher Beleuchtung.

Exner stellte zuerst diese Pigmentverschiebung fest (Nr. 2), und zwar auf die Weise, dass er Augenschnitte anfertigte, einmal von Thieren, welche im Dunkeln verweilt hatten und dort getödtet worden waren, dann von solchen derselben Art, die dem Sonnenlichte ausgesetzt gewesen waren.

Nach derselben Methode verfuhr auch Stefanowska (Nr. 6), als sie auf Veranlassung Prof. Fol's das Arthropodenauge auf Pigmentverschiebung hin untersuchte. Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass im Wirbelthierauge, wie Engelmann und

van Genderen Stort schon früher beobachtet haben (Nr. 10) bei wechselnder Beleuchtung ebenfalls eine Verschiebung des an den Sehstäbchen und Zapfen gelegenen Pigmentes eintritt. Diese Beobachtung war es, welche Fol auf die Vermuthung einer analogen Erscheinung im Arthropodenauge brachte.

An Stefanowska sich anschliessend, die vorwiegend Insecten zum Gegenstande ihrer Studien gewählt hatte, untersuchte später Szczawinska (Nr. 7) die Augen von anderen Arthropoden, von Krebsen und Spinnen, und zwar ebenfalls durch Schnitte.

Auf eine ganz andere Weise beobachtete ich die Pigmentverschiebung im Facettenauge, auf eine Weise, welche ohne die zeitraubenden Manipulationen, die mit der Herstellung von Schnitten verknüpft sind, die betreffende Thatsache überzeugend vor Augen führt. Ich blickte, während die Pigmentzellen sich aus der in Fig. *A* veranschaulichten Stellung, der Dunkelstellung, in die in Fig. *B* wiedergegebene Stellung, die Lichtstellung, verschoben, mit dem Mikroskope in der Richtung der in Fig. *A* und *B* gezeichneten Pfeile in die Facetten hinein. Ich bekam also die Pigmentverschiebung von einer ganz anderen Seite zu Gesichte und erblickte daher manche Einzelheiten, die in den (Längs-) Schnitten nicht zum Vorschein kommen, während mir anderseits allerdings manches verborgen blieb, was hier klar hervortritt. Beide Beobachtungsmethoden ergänzen sich also gegenseitig bis zu einem gewissen Grade.

Man kann nun nicht ohne Weiteres in die Facetten hineinsehen. Zuvor ist es nothwendig, die Lichtspiegelung und Brechung an den Cornea-Vorwölbungen der Facettenglieder zu beseitigen oder wenigstens auf ein Minimum zu reduciren. Zu diesem Zwecke nahm ich ein Deckgläschen, liess einen kleinen Tropfen dickflüssigen Gummi arabicum, Canadabalsam oder dergleichen darauf fallen, legte den Kopf des Thieres, und zwar mit einem Auge nach unten, auf oder vielmehr in das Tröpfchen und drehte das Deckgläschen um. Jetzt kann man (durch das Deckgläschen hindurch) bis zu einer gewissen Tiefe in das Auge hineinsehen.

Zu der Beobachtung und Untersuchung der Pigmentverschiebung wurde ich auf folgende Weise geführt. Man weiss

schon lange, dass die Augen von Nachtschmetterlingen im Dunkeln leuchten, oder genauer, bei schwachem Lichte leuchten, denn dieses Leuchten ist kein Phosphoresciren, sondern beruht auf der Reflexion der in die Augen fallenden Strahlen. Fig. 1*a* der beigegebenen Tafel stellt im vergrösserten Massstabe ein solches leuchtendes Auge, und zwar von dem unter dem Namen »Pistoleneule« *(Plusia gamma)* bekannten, auch am Tage fliegenden Nachtschmetterlinge dar. Man erblickt in der Mitte des Auges einen runden, gelben, glänzenden Fleck. Dieser Fleck verschwindet unter dem Einflusse des Lichtes, wenn das Thier z. B. den Sonnenstrahlen ausgesetzt wird; es gehen Veränderungen im Auge vor sich, dasselbe wechselt sein Aussehen (siehe Fig. 2*a*, 4*a*, 6*a*) und nach kurzer Zeit bietet es das in Fig. 7*a* wiedergegebene Bild. An Stelle des gelben Kreises erblickt man jetzt einen tiefschwarzen, der von sechs mattbraunen Flecken umgeben ist. Diese Veränderungen müssen bedingt sein durch Veränderungen in jedem einzelnen der vielen Facettenglieder, aus welchen sich das Auge zusammensetzt, und ich beschloss, der eigenartigen Erscheinung, welche auf verschiedene Weise erklärt worden war, dadurch auf den Grund zu gehen, dass ich die während des Processes in einer einzelnen Facette vor sich gehenden Wandlungen verfolgte. Als Versuchsthier wählte ich die erwähnte Pistoleneule, wartete bis ihre Augen leuchteten und brachte dann nach den oben angegebenen Vorbereitungen das Deckgläschen mit dem Kopf des Thieres derart unter das Mikroskop, dass das Deckgläschen auf einem ausgehöhlten Stückchen Kork lag, in dessen Höhlung der Kopf hineinhing.

Die unter dem Einflusse des Lichtes vor sich gehenden Veränderungen, die ich jetzt beobachtete, sind von sieben benachbarten Facetten auf der beigefügten Tafel in Fig. 1—7 wiedergegeben, und es sei bemerkt, dass Fig. 1 mit Fig. 1*a*, Fig. 2 mit Fig. 2*a*, Fig. 4 mit Fig. 4*a* u. s. w. correspondirt, d. h. dass die einzelnen Facetten das in Fig. 1, 2, 4 u. s. w. dargestellte Aussehen bieten, wenn das Gesammt-Auge den in Fig. 1*a*, 2*a*, 4*a* u. s. w. wiedergegebenen Eindruck macht.

In Fig. 1 befindet sich das Pigment noch völlig in Dunkelstellung, wie es Fig. *A* im Längsschnitt zeigt. In Fig. 7 hingegen

haben die Pigmentzellen ihre Wanderung vollendet; sie entspricht also der Fig. *B*. Die Figuren 2—6 veranschaulichen die Zwischenstadien, sie stellen die Facetten während der Verschiebung des Pigmentes dar. Fassen wir zunächst Fig. 1 ins Auge, so sehen wir deutlich das dunkle, dicht unter der Cornea befindliche Pigment und bemerken, dass es siebförmig von hellen graugelben Kreisen durchlöchert ist. Ein Blick auf Fig. *A* lehrt uns, dass diese Kreise nichts anderes sind als die von oben gesehenen Krystallkegel, um welche sich die Pigmentzellen gelagert haben. In diesem Zustande verharrt das Auge nicht lange. Man sieht vom Rande der hellen Kreise alsbald kleine schwarze Zacken, Theile der sich verschiebenden Pigmentzellen hervortreten (Fig. 2 der Tafel), welche zusehends grösser, aber auch verschwommener werden (Fig. 3 und 4) und zuletzt die ursprünglich hellen Felder ganz verdunkeln (Fig. 5). Gleichzeitig hellt sich die in Fig. 1 dunkle Partie mehr und mehr auf. Es erscheinen hellere Streifen in ihr, die zuerst undeutlich sind (Fig. 2), dann aber, indem sie bis zu einer bestimmten Breite zunehmen, feste Contouren gewinnen (Fig. 3). Gegen das Ende des Processes nehmen diese Streifen stark an Helligkeit zu. In Fig. 6 sieht man nur noch schwache Reste des Pigmentes in ihnen, und in Fig. 7 endlich stellt sich uns das Auge als ein gleichmässig hellgelbes, von dunklen Kreisen durchlöchertes Sieb dar. Die Pigmentzellen haben sich völlig von der Cornea zurückgezogen und, wie Fig. *B* zeigt, um die fadenförmigen Ausläufer der Sehstäbe gelagert. Sie erscheinen jetzt, von oben gesehen (Fig. 7), als centrale, schwarze, runde Flecken. Um dieselben bemerkt man rothbraune Ringe, welche einer dünnen Pigmentlage ihre Entstehung verdanken müssen, und sie erklären sich auf einfache Weise so, dass sich die dünneren und wohl auch schwächer pigmentirten oberen Enden der Pigmentzellen (man hat sogar Irispigmentzellen mit unpigmentirten Enden beobachtet) an den unteren Theil der Krystallkegel anlegen, wie es in Fig. *B* angedeutet ist.

Vergleichen wir mit Fig. 1 und 7 die Figuren 2—6, wo das Pigment in Wanderung begriffen ist, so tritt, von Fig. 2 vielleicht abgesehen, als besonders auffällig hervor, dass die Facetten sich uns nicht als Kreise, sondern als durch

schmale Streifen getrennte Sechsecke darstellen. Es ist dies nur durch die Annahme zu erklären, dass die Facettenglieder durch Wände getrennt sind, wie es Fig. *C* veranschaulicht, und zwar durch Wände, welche in der Nähe der Cornea sehr dünn sind (oder fehlen), sich aber in der Gegend der Linie *bb* verdicken. Ein Querschnitt durch sieben Facetten oberhalb der Linie *bb*, etwa nach der Linie *aa*, muss dann ein Bild liefern wie Fig. *D*, ein Querschnitt unterhalb der Linie *bb*, etwa nach der Linie *dd*, ein Bild wie Fig. *E*. Falls in der Nähe der Cornea die Scheidewände nicht etwa fehlen, muss in Fig. 1 die scheinbar continuirliche Pigmentschicht natürlich durch solche getrennt sein. Dass man sie nicht bemerkt, hat seinen Grund darin, dass sie sehr dünn sind. Sie treten erst hervor, wo sie dicker werden und das Pigment zum Auseinanderweichen zwingen. Dieses Auseinanderweichen bemerkt man bereits in Fig. 2, und zwar an den helleren Streifen in der dunklen Partie. Die unteren Enden der Pigmentzellen haben also die Stelle, wo die Wände sich zu verdicken beginnen, bereits erreicht und die Linie *bb* (Fig. *C*) zum Theil schon überschritten. In den folgenden Stadien (Fig. 3, 4, 5, 6) treten dann die Wände sehr deutlich hervor.

Fig. *C*.

Fig. *D*.

Fig. *E*.

Zu erklären bleibt noch, wesshalb die Facetten in Fig. 7 wieder als Kreise erscheinen. Betrachtet man die schon oben erwähnten Figuren 15, 28, 29, 30 und 31 der Exner'schen Arbeit und vergleicht die Länge der Pigmentzellen in der Lichtstellung mit ihrer Länge in der Dunkelstellung, so fällt in die Augen, dass erstere merklich grösser ist, wie dies auch in

Fig. *A* und *B* zum Ausdruck gebracht ist. Die Pigmentzellen müssen also in der Dunkelstellung entweder dicker sein auf Kosten ihrer Länge, oder sie müssen sich knäuelartig zusammengelegt oder gefaltet haben; vielleicht ist beides der Fall. Fangen sie nun unter dem Einflusse des Lichtes an sich zu strecken oder auseinanderzufalten, so wird zunächst ein gewisses Drängen und Schieben entstehen, sie können nicht sofort wohlgeordnet um die fadenförmigen Ausläufer der Sehstäbe gruppirt sein. Es wird, von oben gesehen, der Eindruck hervorgerufen, als wenn das Pigment den sechseckigen Querschnitt der Facette ausfüllte. Erst wenn der Process sich seinem Ende nähert, wenn die Zellen sich gestreckt oder auseinandergefaltet haben, können sie sich in regelmässiger Figur um die Ausläufer der Sehstäbe lagern und machen nun, von oben gesehen, den Eindruck eines centralen, runden, schwarzen Flecks. Es sei noch bemerkt, dass die Ausläufer der Sehstäbe bei der Pigmentwanderung augenscheinlich einen wichtigen mechanischen Zweck zu erfüllen haben. Sie hindern nämlich das Pigment daran, sich zwischen Krystallkegel und Sehstab zu schieben. Ich kann allerdings nicht unerwähnt lassen, dass in einzelnen Fällen, wie z. B. beim Leuchtkäferchen *(Lampyris splendidula)*, dessen Augen auch Pigmentverschiebung zeigen, die fadenförmigen Ausläufer der Sehstäbe fehlen (Nr. 1. S. 91).

Der ganze Process der geschilderten Wanderung des Pigmentes aus der Dunkelstellung in die Lichtstellung verläuft, wie es auch Exner angibt, in ungefähr einer halben Stunde. Die in Fig. 1—5 dargestellten Veränderungen erfordern etwa 5—10 Minuten Zeit, die bis zum Endstadium vor sich gehenden dann noch 20—25 Minuten. Überhaupt verändert sich das Auge im Anfange viel schneller als gegen das Ende des Processes, und wenn man es nicht sehr schnell unter das Mikroskop bringt, bekommt man das in Fig. 1 wiedergegebene Bild nicht mehr zu Gesicht.

Beim Entwerfen der Figuren benützte ich ein Instrument von Leitz, Objectiv 3, Ocular III bei ausgezogenem Tubus. Die Beobachtungen wurden bei klarem Wetter um die Mittagszeit gemacht, weil da die Sonne das Auge gut beleuchtete; anderenfalls sind die Details schwer wahrzunehmen.

Da es meine Absicht war, die Pigmentverschiebung bei einer bestimmten Nachtschmetterlingsart möglichst genau zu beobachten, und da man, um alle Einzelheiten zu erkennen und getreu wiederzugeben, den Process sich sehr häufig abspielen lassen muss, so wählte ich als Versuchsthier die Pistoleneule und nur diese, da gerade sie mir in grösserer Zahl zu Gebote stand. Meine Beobachtungen gelten daher nur für diese eine Art. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass man in den Augen der anderen Nachtschmetterlinge in der Hauptsache wenn nicht genau dieselben, so doch ähnliche Veränderungen beobachten wird.

Man kann die Thatsache der Pigmentverschiebung zur Lösung einer in mehrfacher Hinsicht interessanten Frage benützen, der Frage nämlich, welche Strahlen des Spectrums von Thieren mit solchen Augen percipirt werden. Da die Pigmentverschiebung den Zweck hat, die in das Auge fallende Lichtmenge zu reguliren, damit das Thier einerseits nicht geblendet wird, anderseits bei schwacher Beleuchtung seine Umgebung noch sieht, so kann man als höchst wahrscheinlich annehmen, dass die verschiedenen Arten von Spectralstrahlen, welche eine Verschiebung des Pigments verursachen, vom Thiere auch percipirt werden, denn eine Pigmentverschiebung durch Strahlen, welche nicht wahrgenommen werden, wäre sinnlos. Es ergibt sich daraus eine — theoretisch wenigstens — sehr einfache Methode, um festzustellen, welche Strahlengattungen Lichtempfindungen hervorrufen. Man bringt das betreffende Insect oder den betreffenden Krebs in die verschiedenen Partien eines genügend intensiven Spectrums und beobachtet, in welchem derselben das Augenleuchten verschwindet.

Nach meinen zahlreichen, allerdings mit unzulänglichen Mitteln angestellten Versuchen scheint es, als ob ausser den uns sichtbaren Strahlen auch Ultraroth, das wir bekanntlich nicht sehen, eine Pigmentverschiebung bei *Plusia gamma* verursache, dass also auch ultrarothe Strahlen von diesem Thiere wahrgenommen werden. Zu einer weiteren und exacteren Untersuchung dieses Gegenstandes fehlten mir leider die nothwendigen Instrumente.

Um keine Fehlschlüsse zu begehen, ist bei diesen Untersuchungen die Beantwortung der Frage von Wichtigkeit, ob es ausser Licht keine Ursache für das Verschwinden des Augenleuchtens gibt, und ich machte da eine unerwartete Beobachtung. Ich war der Ansicht, dass man das Leuchten stets beobachten könnte, dass also das Pigment immer dicht unter der Cornea um die Krystallkegel gelagert bleibe, so lange das betreffende Thier nicht dem Einflusse des Lichtes ausgesetzt würde. Exner (Nr. 1, S. 66) anderseits glaubt in Hinblick auf Beobachtungen, welche E. Fick am Netzhautpigment des Frosches gemacht hat (Nr. 8), dass bei andauernder Dunkelheit eine mittlere Pigmentstellung eintreten werde. Ich beobachtete nun weder das eine noch das andere, sondern fand, dass in den Augen von Nachtschmetterlingen, die beständig im Dunkeln gehalten werden, das Pigment sich periodisch einmal nach der einen Richtung, dann nach der anderen Richtung verschiebt. Ob und wie sich das Pigment verschoben hat, bemerkt man am Leuchten oder Nichtleuchten der Augen, wenn man sie belichtet. Man muss allerdings darauf bedacht sein, dass diese Belichtung nur kurze Zeit dauert und nicht zu stark ist, damit durch sie keine Pigmentverschiebung verursacht wird. Dies ist aber nur dann durchzuführen, wenn man das Insect in einer bestimmten Stellung fixirt, so dass man beim Öffnen der Schachtel oder des Kastens sofort weiss, wo sich die Augen befinden. Ich klemmte desshalb die Flügel des Schmetterlings zwischen je zwei Korkplättchen ein, die ich an einer grösseren und dickeren Korkplatte, auf welcher das Thier sass, befestigte. Ferner ist es nöthig, den Schmetterling längere Zeit am Leben zu erhalten. Ich erreichte dies nach manchem misslungenen Versuch dadurch, dass ich ihm ein Schälchen mit Zuckerwasser, das von Zeit zu Zeit erneuert wurde, vorsetzte, und zwar derart, dass, wenn er den Rüssel aufrollte, derselbe gerade in das Zuckerwasser eintauchte. Auf diese Weise gelang es mir, zwei Thiere mehrere Wochen hindurch am Leben zu erhalten, und ich beobachtete in der That verschiedene Male, wie sie ihren Rüssel in das Wasser eintauchten.

Meine Absicht, die Augen — wenigstens während des Tages — in regelmässigen kurzen Zeitabschnitten, alle halbe Stunde oder alle Stunde, zu betrachten, konnte ich leider nicht durchführen, im Übrigen habe ich aber möglichst gleiche Zeiträume eingehalten.

Die beiden Noctuinen, die ich verwandte, waren der Pistoleneule an Gestalt und Grösse sehr ähnlich, in der Zeichnung aber etwas von ihr verschieden. Nach dem Versuche waren sie zu lädirt, um noch bestimmt werden zu können.

Im Nachfolgenden gebe ich die beiden Beobachtungsreihen, die ich erhielt, genau so wieder, wie ich sie aufgezeichnet habe. Die Beobachtungen wurden im Monate September gemacht. Die erste senkrechte Columne gibt das Datum, die zweite die Zeit an; die Nachtzeit, von 6 Uhr an gerechnet, ist durch fette Ziffern gekennzeichnet.

Erste Beobachtungsreihe.

(Erstes Thier.)

		Beide Augen:
2. Sept.	$\mathbf{9}$	leuchtend.
3. Sept.	8	dunkel.
	5	leuchtend.
	$\mathbf{6}$	»
	$\mathbf{7^{45}}$	»
	$\mathbf{9^{15}}$	»
	$\mathbf{10}$	»
4. Sept.	8^{15}	dunkel.
	12^{45}	leuchtend.
	1^{40}	mattleuchtend.
	2^{45}	leuchtend.
	$\mathbf{8}$	»
	$\mathbf{9}$	»
	$\mathbf{10^{30}}$	»
5. Sept.	8^{20}	dunkel.
	9^{20}	leuchtend.
	12	»
	1^{30}	»
	4	leuchtend, das linke Auge jedoch matt.
	$\mathbf{7^{30}}$	leuchtend.
	$\mathbf{8^{55}}$	leuchtend.
	$\mathbf{10}$	»
6. Sept.	8	dunkel.
	9^{5}	»
	12^{30}	leuchtend.
	2^{5}	»
	3^{30}	»
	4^{10}	»
	$\mathbf{7}$	»
	$\mathbf{9}$	dunkel.
	$\mathbf{10^{5}}$	»
	$\mathbf{10^{50}}$	»
7. Sept.	7^{45}	»
	8^{30}	leuchtend.
	9	leuchtend, das linke jedoch sehr matt.
	9^{30}	leuchtend, das linke jedoch sehr matt.
	10	leuchtend, das linke jedoch sehr matt.
	10^{35}	leuchtend.

		Beide Augen:
	11	leuchtend.
	11^{30}	leuchtend, das linke jedoch sehr matt.
	12	leuchtend, das linke jedoch etwas matter.
	12^{30}	leuchtend.
	1	»
	1^{30}	»
	2	»
	2^{30}	leuchtend, das linke jedoch matter.
	2^{45}	leuchtend, das linke jedoch sehr matt.
	3, 3^{30}, 4, 4^{15}, 4^{30}, 5^{10}, 5^{30}, 6, 6^{30}, 7, 7^{30}, 8, 8^{30}, 9, 9^{30}, 10	Rechtes Auge leuchtend, linkes dunkel (oder äusserst matt leuchtend).
		Beide Augen:
	10^{30}	dunkel.
	11	leuchtend.
8. Sept.	8^{30}	dunkel.
	9	»
	9^{30}	»
	12^{10}	»
	1	leuchtend.
	1^{30}	»
	2	leuchtend, das linke jedoch etwas matter.
	2^{15}	leuchtend, das linke jedoch sehr matt.
	2^{30}	leuchtend.
	2^{45}	leuchtend, das linke jedoch sehr matt.
		Beide Augen:
	3	sehr matt leuchtend.
	3^{15}	dunkel.
	3^{30}	»
	3^{55}	Rechtes Auge sehr matt leuchtend, linkes dunkel.
		Beide Augen:
	8^{30}	leuchtend.
	9	»
	9^{30}	»
	10	»
9. Sept.	8^{5}	»
	8^{30}	leuchtend, das linke jedoch matter.
	9	leuchtend.
	10^{30}	mattleuchtend.
	12^{10}	dunkel.
	12^{30}	»
	1	»
	1^{30}	»
	2	»
	2^{30}	»
	3	»
	9	leuchtend.
	9^{30}	»
	10	»
10. Sept.	8	dunkel.
	8^{30}	»
	9	»
	12^{15}	»
	1	»
	1^{30}	»
	2^{25}	leuchtend.
	2^{50}	leuchtend, das linke jedoch sehr matt.
	3^{25}	Rechtes Auge leuchtend, linkes dunkel.
		Beide Augen:
	8^{5}	dunkel.
	8^{30}	»
	9^{5}	Rechtes Auge sehr matt leuchtend, linkes dunkel.

	9^{30}	Rechtes Auge leuchtend, linkes sehr matt leuchtend.
		Beide Augen:
	10	leuchtend.
11. Sept.	8^{5}	dunkel.
	8^{35}	»
	9^{5}	»
	9^{30}	»
	12^{30}	»
	1	»
	1^{35}	leuchtend.
	2	»
	3^{10}	Rechtes Auge leuchtend, linkes dunkel.
		Beide Augen:
	3^{30}	leuchtend.
	7^{30}	»
	8	»
	9^{20}	»
	10	»
12 Sept.	8	dunkel.
	8^{35}	»
	9^{5}	leuchtend.
	12^{10}	dunkel.
	12^{30}	»
	1	sehr matt leuchtend (auf der unteren Seite etwas heller leuchtend).
	1^{30}	matt leuchtend.
	2	leuchtend.
	2^{30}	»
	3	»
	3^{40}	»
	6^{35}	»
	7^{5}	»
	7^{35}	»
	8^{5}	»
	8^{35}	»
	9^{5}	»
	9^{35}	»
	10^{5}	»
	11^{25}	»

		Beide Augen:
13. Sept.	8	dunkel.
	9^{20}	»
	9^{45}	»
	1	»
	2	»
	3	»
	3^{30}	»
	6^{40}	»
	8	leuchtend.
	9	»
	9^{45}	»
14. Sept.	8	dunkel.
	9^{27}	leuchtend.

Hier schaltete ich folgenden Versuch ein: Ich nahm das Thier aus der Schachtel heraus und setzte es dem diffusen Tageslichte aus, um zu sehen, wie die Augen jetzt darauf reagirten. Ich beobachtete, dass dieselben bereits nach 4 Minuten dunkel waren.

		Beide Augen:
	9^{31}	dunkel (in Folge des Versuches).
	9^{55}	dunkel.
	10^{10}	»
	10^{25}	»
	11	»
	11^{30}	»
	12	»
	1	»
	2	»
	3	»
	4	»
	5	»
	6	»
	7^{20}	»
	8	»
	9	»
	10^{35}	»
15. Sept.	8^{30}	»
	9	»
	12	»

Datum	Zeit	Befund
		Beide Augen:
	1	dunkel.
	2	»
	3	»
	7^{10}	»
	8^{15}	leuchtend.
	9	»
	10	»
16. Sept.	8	dunkel.
	9	»
	12^{45}	»
	2^{20}	»
	3^{45}	leuchtend.
	8	»
	9	»
	10	»
17. Sept.	7^{30}	dunkel.
	9	»
	12^{15}	mattleuchtend.
	1^{15}	leuchtend.
	2	»
	3^{15}	»
	4	»
	7^{30}	»
	8^{30}	»
	10	»
18. Sept.	8	dunkel.
	9	»
	12	»
	1^{30}	mattleuchtend.
	2	leuchtend.
	3	leuchtend, das linke jedoch matt.
	7	leuchtend, das linke jedoch matt.
	8	leuchtend.
	9	»
	10	»
19. Sept.	7^{45}	dunkel.
	9	»
	12	»
	1	»
	2	Rechtes Auge sehr matt leuchtend, linkes dunkel.
	3	Rechtes Auge sehr matt leuchtend, linkes dunkel.
		Beide Augen:
	8	dunkel.
	9	leuchtend.
	10	»
20. Sept.	8	dunkel.
	9	»
	12	»
	1	»
	2	»
	3	»
	7^{20}	»
	8	leuchtend.
	9	»
	10	»
21. Sept.	8	dunkel.
	9	»
	10	»
	11	»
	12	sehr matt leuchtend.
	1	leuchtend.
	2	»
	3	»
	4	»
	5	»
	6	»
	7	»
	8	»
	9	mattleuchtend.
	10	dunkel.
22. Sept.	8	»
	9	»
	12	»
	1	»
	2	»
	3	»
	7^{30}	leuchtend, das linke jedoch nur matt.
	8	leuchtend, das linke jedoch nur matt.
	9	leuchtend.
	10^{20}	»

		Beide Augen:
23. Sept.	8	dunkel.
	9	»
	10	»
	11	»
	12	»
	1	»
	2	»
	3	»
	4	»
	4^{30}	»
	7	»
	8	»
	9	leuchtend.
	10	»
24. Sept.	8	dunkel.
	9	»
	12	»
	1	»
	2	»
	3	»
	7	leuchtend.
	8	»
	(9	dunkel. Das Thier lebte nichtmehr.)

Zweite Beobachtungsreihe.

(Zweites Thier.)

		Beide Augen:
9. Sept.	12^{10}	leuchtend.
	12^{30}	»
	1	matter leuchtend.
	1^{30}	dunkel.
	2	»
	2^{30}	»
	3	»
	9	leuchtend.
	9^{30}	»
	10	»
10. Sept.	8	»
	8^{30}	»
	9	»
	12^{15}	»
	1	»
	1^{30}	»
	2^{25}	»
	2^{50}	»
	3^{25}	»
	8^{5}	»
	8^{30}	»
	9^{5}	»
	9^{30}	»
	10	»
11. Sept.	8^{5}	dunkel.
	8^{35}	»
	9^{5}	mattleuchtend.
	9^{30}	leuchtend.
	12^{30}	»
	1	»
	1^{35}	»
	2	»
	3^{10}	»
	3^{30}	»
	7^{30}	»
	8	»
	9^{20}	»
	10	»
12. Sept.	8	dunkel.
	8^{35}	»
	9^{5}	»
	12^{10}	»
	12^{30}	»
	1	sehr matt leuchtend, aber auf der Unterseite stark leuchtend.
	1^{30}	leuchtend.
	2	»
	2^{30}	»
	3	»
	3^{40}	»
	6^{35}	»
	7^{5}	»

		Beide Augen:
	7^{35}	leuchtend.
	8^{5}	»
	8^{35}	»
	9^{5}	»
	9^{35}	»
	10^{5}	»
	11^{25}	»
13. Sept.	8	dunkel.
	9^{20}	leuchtend, das linke jedoch nur matt.
	9^{45}	leuchtend.
	1	»
	2	»
	3	»
	3^{30}	»
	6^{40}	»
	8	»
	9	»
	9^{45}	»
14. Sept.	8	»
	9^{30}	»
	10^{30}	»
	11	»
	11^{30}	»
	12	»
	1	»
	2	»
	3	»
	4	»
	5	»
	6	»
	7	mattleuchtend.
	8	dunkel.
	9	»
	10^{35}	leuchtend.
15. Sept.	8^{30}	dunkel.
	9	»
	12	»
	1	»
	2	»
	3	»
	7^{10}	leuchtend.
	8^{15}	»
	9	»
	10	»
		Beide Augen:
16. Sept.	8	dunkel.
	9	»
	12^{45}	»
	2^{20}	»
	3^{45}	»
	8	leuchtend.
	9	»
	10	»
17. Sept.	7^{30}	dunkel.
	9	»
	12^{15}	mattleuchtend.
	1^{15}	»
	2	dunkel.
	3^{15}	»
	4	mattleuchtend.
	7^{30}	leuchtend.
	8^{30}	»
	10	»
18. Sept.	8	dunkel.
	9	»
	12	»
	1^{30}	»
	2	»
	3	»
	7	»
	8	»
	9	leuchtend.
	10	»
19. Sept.	7^{45}	dunkel.
	9	»
	12	»
	1	»
	2	»
	3	»
	8	Linkes Auge leuchtend, rechtes dunkel.
		Beide Augen:
	9	leuchtend.
	10	»
20. Sept.	(8	dunkel. Die Augen blieben dunkel und ich bemerkte, dass das Thier nicht mehr lebte).

Bevor ich zur Besprechung der beiden Beobachtungsreihen übergehe, möchte ich bemerken, dass die Schmetterlinge sich in einer gut schliessenden Schachtel befanden, die ihrerseits in einem verschlossenen Schranke stand. Ich konnte daher annehmen, dass durchaus kein Licht zu den Thieren drang; und wie man sieht, leuchteten die Augen sehr häufig am Tage um die Mittagszeit, wo Licht, welches etwa in die Schachtel fiel, die grösste Wirkung hätte haben müssen, so z. B. bei dem ersten Schmetterlinge am 4. September um 12^{45} und um 2^{45}, am 5. September um 12 und 1^{30} u. s. f. Es konnte also auf die Thiere während des Abends, der Nacht und des frühen Morgens erst recht kein Licht einwirken, ganz davon abgesehen, dass um diese Zeit die Fensterläden geschlossen waren. Trotzdem waren sehr häufig gerade am Morgen bei der ersten Beobachtung (bei dem ersten Thiere am 3., 4., 5., 6., 7., 8., 10., 11., 12., 13., 14., 15., 16., 17., 18., 19., 20., 21., 22., 23. und 24. September, beim zweiten Thiere am 11., 12., 13., 15., 16., 17., 18 und 19. September) die Augen dunkel. Das Verschwinden des Leuchtens kann also hier nicht durch Licht bewirkt worden sein, weder durch Licht, welches etwa durch Spalten des Schrankes oder der Schachtel eindrang, noch durch das Licht, welches bei der letzten vorhergehenden Beobachtung auf das Auge fiel, da diese um 10 oder 11 Uhr des Abends stattfand, also zwischen ihr und der um etwa 8 Uhr morgens vorgenommenen Beobachtung ein Zeitraum von ungefähr zehn Stunden lag.

Dass das Beobachtungslicht zuweilen auf die Augen einwirkte, ist nicht unwahrscheinlich. Trotzdem glaube ich, dass das schwache Licht, welches ich anwandte, in der Regel keine Pigmentverschiebung verursachte, und schliesse dies daraus, dass, falls ich ein Leuchten der Augen verzeichnete, dieses Leuchten vielfach bei den folgenden, in den kurzen Zeiträumen von einer halben oder ganzen Stunde angestellten Beobachtungen noch in gleicher Stärke vorhanden war. So leuchteten z. B. die Augen des ersten Thieres am 3. September um 5, **6**, $\mathbf{7}^{45}$, $\mathbf{9}^{15}$, **10**, am 12. September um $\mathbf{6}^{35}$, $\mathbf{7}^{5}$, $\mathbf{7}^{35}$, $\mathbf{8}^{5}$, $\mathbf{8}^{35}$, $\mathbf{9}^{5}$, $\mathbf{9}^{35}$, $\mathbf{10}^{5}$, $\mathbf{11}^{25}$. Hätte das Beobachtungslicht am 3. September um 5 oder am 12. September um $\mathbf{6}^{35}$ eine Pigmentverschiebung bewirkt, so

hätte ich es bei den folgenden Beobachtungen bis **10** beziehungsweise **11^{25}** wenigstens am matteren Glanze der Augen bemerken müssen.

Andererseits aber will ich nicht bestreiten, dass das Beobachtungslicht zuweilen in der That auf die Augen der Insecten einwirkte. So notirte ich bei dem ersten Thiere am 4. September:

12^{45}	beide	Augen	leuchtend,
1^{40}	»	»	mattleuchtend,
2^{45}	»	»	leuchtend,
8	»	»	leuchtend,
9	»	»	leuchtend,
10^{30}	»	»	leuchtend.

Das matte Leuchten der Augen um 1^{40} führe ich auf nicht genügend schwaches Licht bei der Beobachtung um 12^{45} zurück. Überhaupt bin ich geneigt, eine Einwirkung des Beobachtungslichtes dort anzunehmen, wo zwischen einem fortlaufenden Leuchten der Augen ein matteres Leuchten oder ein völliges Dunkelwerden auf *kurze* Zeit eingeschaltet ist. Auch dort, wo das eine Auge leuchtet und das andere matter oder gar nicht leuchtet, sowie wenn verschiedene Theile der Augen verschiedenen Glanz zeigen, möchte ich eine Einwirkung des Beobachtungslichtes auf das matter leuchtende oder dunkle Auge und den matter leuchtenden oder dunklen Theil annehmen, da ich mir diese Erscheinung sonst nicht erklären kann. Etwas anderes ist es, wenn beim Übergange aus der Lichtstellung in die Dunkelstellung und umgekehrt beide Augen oder Theile derselben ein nicht gleich starkes Leuchten aufweisen, da nicht zu erwarten ist, dass die Pigmentzellen der einzelnen Facetten sich hierbei in genau gleichem Tempo verschieben.

Unter Berücksichtigung des Beobachtungslichtes als Fehlerquelle geht aus den beiden Versuchsreihen klar hervor, *dass nicht allein bei wechselnder Beleuchtung, sondern auch bei anhaltender Dunkelheit Pigmentverschiebungen im Facettenauge stattfinden.*

Was ist nun die Ursache dieser eigenthümlichen Erscheinung, welche, wie schon erwähnt, weder *Exner* noch ich selbst vermuthet hatte?

Exner fand beim Flusskrebs *(Astacus)* die Augen zuweilen nicht leuchtend, wenn er sie leuchtend erwartet hatte und bringt es mit dem Befinden des Krebses in Zusammenhang (Nr. 1, S. 158), zumal, da er beobachtet hatte, dass matte, dem Absterben nahe Thiere keine Pigmentverschiebung mehr zeigten (Nr. 1, S. 67, S. 107, S. 147). Bei meinen Versuchsthieren kann ich dies jedoch nicht annehmen. Das Leuchten und Nichtleuchten der Augen kehrt zu regelmässig wieder und ist zu scharf von einander getrennt, als dass es als ein Ausdruck des wechselnden Gesundheitszustandes der Thiere gelten könnte. Einfacher und natürlicher erklärt sich meines Erachtens in unserem Falle das Nichtleuchten der Augen durch die Annahme, dass es sich um eine den Schlaf der Thiere begleitende Erscheinung handelt, ohne dass ich damit leugnen will, dass auch der Gesundheitszustand der Thiere mitspricht und dass gerade bei Krebsen dieser Factor von wesentlichem Einflusse auf die Pigmentstellung ist. Die Annahme, dass auch die Arthropoden schlafen, hat ja nichts Auffälliges; im Gegentheil wäre es merkwürdig, wenn Thiere, wie die Schmetterlinge, mit wohl ausgebildetem Nervensystem und lebhaften Bewegungen nie ein Schlafbedürfniss hätten. Nun fliegen die Nachtfalter, von wenigen Ausnahmen abgesehen, nur des Nachts umher, während sie am Tage sich ruhig verhalten. Wenn diese Thiere also überhaupt schlafen, so wird es vorwiegend am Tage geschehen, wo ihre Augen nicht leuchten. Es besteht also normaler Weise zwischen dem Schlafzustande der Thiere und der Lage des Pigmentes ein — allerdings äusserlicher — Zusammenhang, insofern als die Thiere nur oder hauptsächlich dann schlafen, wenn ihre Augen nicht leuchten. Von diesem rein äusserlichen Zusammenhange gelangt man aber zu einer inneren Beziehung durch die Beachtung des Umstandes, dass die Pigmentlage des nichtleuchtenden Auges viel weniger Licht eindringen lässt, als die Pigmentlage des leuchtenden Auges, dass also im ersten Falle ein Theil der den Schlaf verhindernden und störenden Ursachen beseitigt oder abgeschwächt wird. Es ist somit wohl denkbar, dass sich ein innerer Zusammenhang zwischen dem Bewusstseinszustand des Nachtschmetterlings und der Pigmentlage in seinem Auge derart ausgebildet hat,

dass beim Erlöschen des Bewusstseins, beim Einschlafen des Insectes das Irispigment sich nach dem Hintergrunde des Auges verschiebt, einerlei ob sich das Thier im Hellen oder ausnahmsweise im Dunklen befindet. Auch beim Menschen schliessen sich ja in analoger Weise beim Einschlafen stets die Augenlider, einerlei ob er sich in einem hellen Raume befindet oder in einem völlig dunklen, wo kein Lichtreiz seinen Schlaf stört.

II.

Die Thatsache, dass das Facettenauge vieler Insecten und Krebse eine Vorrichtung besitzt, um die in dasselbe fallende Lichtmenge zu regeln, sie zu vermehren bei schwacher und zu vermindern bei starker Beleuchtung, macht uns dieses Auge vertrauter, da auch das unsrige einen Lichtregulirungsapparat besitzt. Man kann darnach nicht zweifeln, dass mit der Vermehrung der in ein Facettenauge fallenden Lichtmenge genau wie bei uns die Helligkeitsempfindung des Insects oder Krebses zunimmt und dass es ein Lichtmaximum gibt, bei dessen Überschreitung eine kürzer oder länger dauernde Herabsetzung der Lichtempfindlichkeit des Auges eintritt, die sich dem Thiere als Blendungserscheinung kund gibt.

Um so auffallender ist die Beobachtung, dass viele Insecten, z. B. Tagfalter, Libellen, Fliegen, welche keine unseren Lidern vergleichbare, das Licht momentan und gut abblendende Schutzvorrichtung besitzen, sich — und zwar vielfach mit Vorliebe — im grellen Sonnenlichte tummeln, ohne geblendet zu werden oder von ihrer Sehschärfe merkbar etwas einzubüssen. »Die Insecten«, sagt Notthaft (Nr. 4, S. 98 und 99), welcher meines Wissens der erste war, der auf das Auffallende dieser Erscheinung aufmerksam machte, »zeigen sich bekanntlich zum grössten Theile in ihrer vollen Lebensthätigkeit fast nur bei ruhigem, klarem Wetter und hellem Sonnenscheine. Sie werden also von dem mit sommerlicher Kraft und in ungeminderter Fülle herabströmenden Sonnenstrahlen fortwährend beschienen, während des Fluges sowohl, als wenn sie auf Pflanzen oder, was manche besonders zu lieben scheinen, auf sandigen oder steinigen, gänzlich schattenlosen und das

Sonnenlicht grell reflectirenden Stellen des Erdbodens ruhen... Nun beherrscht das Facettenauge bekanntlich fast immer ein ausgedehntes Gesichtsfeld, mitunter beinahe den ganzen Horizont, so dass die Sonnenscheibe wenigstens sehr häufig mit unter der Zahl der den Gesichtskreis erfüllenden Gegenstände gehören wird... Es ist ferner zu erwähnen, dass viele Insecten, die Libellen z. B., deren Kopf sozusagen fast ganz Auge ist, manche Tagfalter, und andere mit grossen, wohlentwickelten, stark kugelig vorspringenden Sehorganen ausgestattete Gattungen mehr auf Pflanzen oder dem Erdboden sitzend und dem heissesten Sonnenbrande mit Behagen sich aussetzend, oft längere Zeit, mehrere Minuten hindurch sich völlig unbeweglich verhalten, sei es aus Ermattung und um sich völlig ungestört der Ruhe hinzugeben, sei es um räuberisch auf Beute zu lauern. Wenn nun die Sonnenscheibe, wie es immer bei Weitem das Wahrscheinlichste ist, in der That in dem Gesichtsfeld des Thieres mit enthalten ist, so muss sie, da das Auge ja seine Lage nicht ändert, so lange jenes stille sitzt, längere Zeit unausgesetzt einen und denselben Theil der Retina treffen.«

Dieser eigenthümlichen Erscheinung, welche mit der Empfindlichkeit des Facettenauges für Helligkeitsabstufungen, wie sie die Thatsache der Pigmentverschiebung bekundet, in keinem Einklang zu stehen scheint, bin ich nachgegangen und werde im Folgenden zeigen, wie sie sich auf natürliche Weise erklärt.

Der einzige, welcher meines Wissens bis jetzt eine Erklärung zu geben versucht hat, weshalb die im Sonnenscheine umherfliegenden Insecten nicht geblendet werden, ist Notthaft (Nr. 4). Seine Hypothese wurde jedoch von Exner als unhaltbar zurückgewiesen (Nr. 3).

Am ehesten ist man geneigt, die auffallende Thatsache dadurch zu erklären, dass eine einzelne Facette eine bedeutend kleinere Oberfläche besitzt, als das menschliche Auge, dass also von der Sonne auch eine bedeutend geringere Lichtmenge auf den Sehstab eines Facettenauges fällt als auf einen Sehstab des menschlichen Auges. So einleuchtend diese Erklärung auf den ersten Blick erscheinen mag, so ist sie doch nicht richtig.

Blicke ich nämlich in die Sonne, so entsteht auf der Netzhaut meines Auges ein Bild derselben, welches sich über eine bestimmte, ziemlich grosse Anzahl von Sehstäbchen, etwa 27000 nach Notthaft (Nr. 4, S. 99) erstreckt. (Der Einfachheit wegen verstehe ich hier und im Folgenden unter den Sehstäben oder -stäbchen auch die Zapfen.) Die gesammte von der Sonne in mein Auge geworfene Lichtmenge vertheilt sich demnach über diese Sehstäbchen, und jedes einzelne erhält nur den etwa 27000. Theil. Diese Lichtmenge kann ich nun verringern, indem ich statt mit blossem Auge durch kleine Öffnungen in die Sonne blicke. Wähle ich diese Öffnungen kleiner und kleiner, so wird auch die in mein Auge fallende Lichtmenge immer geringer, und endlich muss ich offenbar zu einer so kleinen Öffnung gelangen, dass ich längere Zeit in die Sonne blicken kann, ohne Blendungserscheinungen zu bekommen. Diese Öffnung nenne ich die »Grenzöffnung«, da sie auf der Grenze steht zwischen den Öffnungen, durch welche die Sonne mich blendet und denen, durch welche sie mich nicht blendet. Der Radius dieser als kreisrund angenommenen Öffnung beträgt, worauf ich unten noch näher zu sprechen komme, 0·0165 *mm* bis 0·029 *mm*, die Fläche der Grenzöffnung also rund 0·0009 mm^2 bis 0·0026 mm^2. Die Breite einer Facette andererseits ergibt sich nach den von Notthaft (Nr. 4, S. 49—51) an über 80 Insecten vorgenommenen Messungen zu 0·016 *mm* bis 0·051 *mm*, gemessen von einer Seite der sechseckigen Facette quer zu der ihr parallel laufenden gegenüberliegenden. (Von der exorbitant grossen Facette von *Cerambyx heros* mit einer Breite von 0·094 *mm* sehe ich ab.) Die Oberfläche einer Facette beträgt also rund 0·0002 mm^2 bis 0·0023 mm^2. Dieselbe (im Mittel 0·0012 mm^2) ist also von der Grenzöffnung (im Mittel 0·0017 mm^2) wenig verschieden. Demnach ist auch die Lichtmenge, welche die Sonne durch beide hindurchsendet, ziemlich dieselbe, aber — und dies ist zu beachten — die Lichtmenge, welche durch die Grenzöffnung in mein Auge fällt, vertheilt sich über etwa 27000 Sehstäbe, jeder Sehstab erhält also nur einen sehr geringen Bruchtheil, während die Lichtmenge, welche die Sonne in ein Facettenglied sendet, voll und ganz auf den darin befindlichen, als physiologische Einheit anzu-

sehenden Sehstab fällt. Das Insect müsste daher durch diese Lichtmenge, welche bei mir keine Blendungserscheinungen mehr hervorruft, noch geblendet werden, wenn wir die zwar naheliegende, aber unberechtigte, durch nichts bewiesene Voraussetzung machen, dass die Lichtempfindlichkeit seines Auges genau dieselbe ist, wie die des menschlichen Auges. Es gibt aber keine Thatsache, die dagegen spricht, dass die Lichtempfindlichkeit des Insectenauges eine viel geringere ist, dass sie sich nicht bis zu dem Grade entwickelt hat oder hat entwickeln können wie im menschlichen Auge. Es ist sehr wohl denkbar, dass die photochemischen Processe im Facettenauge zu ihrer Auslösung einer grösseren Lichtmenge bedürfen als in meinem Auge, die lichtempfindlichen Substanzen in jenem schlechter auf Licht reagiren als in diesem. Nehmen wir aber an, die Lichtempfindlichkeit wäre in beiden einmal die gleiche gewesen, so hätte die blendende Sonne offenbar bald eine Abstumpfung des Insectenauges herbeiführen müssen. Wir sehen uns also zu der Annahme gedrängt, zu welcher bereits Plateau (Nr. 5, S. 10) auf Grund seiner Versuche über die Sehschärfe der Insecten gelangt ist, dass die Lichtempfindlichkeit des Facettenauges eine geringere ist als die unseres Auges, dass die einen Sehstab des ersteren treffende Lichtmenge eine geringere Helligkeitsempfindung hervorruft als die gleiche einen Sehstab des letzteren treffende Lichtmenge. Obwohl daher die Sonne eine erheblich grössere Lichtmenge auf einen Sehstab des Facettenauges als durch die Grenzöffnung auf einen Sehstab meines Auges wirft, so tritt, wie wir annehmen müssen, bei dem Insect infolge seiner geringeren Lichtempfindlichkeit doch keine Blendungserscheinung ein, dasselbe wird von der Sonne keine grössere Helligkeitsempfindung erhalten, sie in keiner grösseren Helligkeit erblicken, als wie ich sie durch die Grenzöffnung sehe. Wohl wäre es möglich, dass das Thier die Sonne in einer noch geringeren Helligkeit erblickte, als wie ich sie durch die Grenzöffnung sehe. Zu einer solchen Annahme liegt jedoch kein Grund vor; im Gegentheil steht es im Einklange mit der in der Natur herrschenden Zweckmässigkeit, dass die sehr geringe Lichtempfindlichkeit seines Auges wenigstens so gross ist, wie es die Sonne überhaupt zulässt. Folglich nehmen

wir als das Wahrscheinlichste an, dass die Helligkeit, in welcher das Insect die Sonne erblickt, dieselbe ist, wie die, in welcher ich die Sonne durch die Grenzöffnung erblicke. (Es würde übrigens an der Art und Weise der folgenden Betrachtungen wenig ändern, wenn man dem Insect — allerdings nur bis zu einem gewissem Grade — eine noch geringere Lichtempfindlichkeit zuschriebe.)

Was die Grösse der Grenzöffnung betrifft, so fand ich sie auf die Weise, dass ich in sehr dünnem Kupferblech mit einer feinen Nadel eine Anzahl kleiner runder Öffnungen herstellte, deren Durchmesser ich unter dem Mikroskope mit Hilfe des Mikrometers mass. Als ich durch diese Öffnungen, mit der grössten beginnend, zu wiederholten Malen die Sonne betrachtete, fand ich,

1. dass ich geblendet wurde bei Öffnungen mit einem Radius von

0·0665 *mm*
0·0585 »
0·0415 »
0·0375 »
0·0325 »
0·0290 »
0·0265 »
0·0215 »

2. dass ich zwar nicht im ersten Augenblicke, aber bei längerer Betrachtung der Sonne geblendet wurde oder wenigstens das Licht der Sonne unangenehm empfand bei Öffnungen mit einem Radius von

0·0290 *mm*
0·0265 »
0·0215 »
0·0210 »
0·0200 »

3. dass ich nicht geblendet wurde, auch wenn ich die Sonne längere Zeit betrachtete, bei Öffnungen mit einem Radius von

0·0165 *mm*
0·0135 »
0·0110 »
0·0100 »

Wie man bemerkt, befinden sich die Grössen 0·0290 *mm*, 0·0265 *mm* und 0·0215 *mm* in der ersten und zweiten Rubrik. Es rührt dies daher, dass ich die Sonne zu wiederholten Malen betrachtete und bei den drei genannten Öffnungen nicht jedesmal denselben Eindruck erhielt. Eine scharfe Grenze zwischen den drei Rubriken darf man überhaupt nicht erwarten. Jedenfalls bewegt sich aber der Radius der Grenzöffnung (wenigstens für mein Auge) zwischen den Grössen 0·0165 *mm* und 0·029 *mm*. Der Einfachheit der Darstellung wegen empfiehlt es sich, der folgenden Untersuchung eine bestimmte Grenzöffnung zugrunde zu legen. Ich wähle 0·0165 *mm*, also die kleinste der in Betracht kommenden Grössen als Radius der Grenzöffnung und werde später auf die anderen Grössen zu sprechen kommen, um zu untersuchen, inwiefern sie etwa die sich ergebenden Resultate abändern.

Betrachte ich nun durch die Grenzöffnung nicht die Sonne, sondern die anderen Gegenstände um mich herum, so erscheinen mir dieselben — vielleicht von grossen, weissen, von der Sonne gut beleuchteten Flächen abgesehen — völlig dunkel, ich kann meine Umgebung nicht erkennen, und es drängt sich daher die Frage auf, wie das Insect bei der geringen Lichtempfindlichkeit seines Auges, die wir annehmen mussten, überhaupt sehen kann.

Zur Beantwortung derselben, zur Lösung dieser uns im Folgenden beschäftigenden Schwierigkeit habe ich zunächst zwei Begriffe zu definiren, nämlich den des »Elementarsehfeldes« und den des »Sehfeldwinkels«. Der erste Begriff ist bereits von Notthaft (Nr. 4, S. 43) erklärt und benützt worden. Die Gesammtheit derjenigen leuchtenden Punkte, welche Strahlen auf den Sehstab eines einzelnen Facettengliedes senden, so dass dieselben zur Perception gelangen, ist das »Elementarsehfeld« dieses Facettengliedes. Damit ist gesagt, dass alle diejenigen leuchtenden Punkte, welche nicht im Elementarsehfelde eines Facettengliedes liegen, auch kein Licht auf den

Sehstab desselben senden. Denkt man sich vor dem Facettenauge senkrecht zur Axe eines Facettengliedes eine leuchtende Fläche, so stellt das Elementarsehfeld des Facettengliedes auf dieser Fläche aller Wahrscheinlichkeit nach einen Kreis oder ein Sechseck dar. Für die folgende Betrachtung ist seine Gestalt ohne Belang, doch nehme ich der Einfachheit der Darstellung wegen an, es sei ein Kreis. Zieht man von den Enden eines Durchmessers eines solchen Kreises zwei Linien nach dem betreffenden Facettengliede, so schliessen dieselben einen Winkel ein; diesen Winkel nenne ich den »Winkel des Elementarsehfeldes« oder den »Sehfeldswinkel«.

Betrüge letzterer gerade 32 Minuten und wäre ein Facettenglied derart auf die Sonne gerichtet, dass seine Axe durch den Mittelpunkt derselben ginge, so würde sie das Elementarsehfeld dieses Facettengliedes genau ausfüllen, denn zieht man von einem Punkte der Erde zwei Linien nach den Enden eines Durchmessers der Sonnenscheibe, so schliessen dieselben (im Mittel) einen Winkel von 32′ ein. Was die Helligkeit betrifft, in der dann das Insect (mit diesem Facettengliede) die Sonne erblickt, so wiederhole ich, dass sie nach unserer Annahme dieselbe ist, wie die, in welcher ich die Sonne durch die Grenzöffnung erblicke. Nehmen wir nun an, der Sehfeldswinkel würde grösser, stiege z. B. auf 10° oder 20°, so würde dem Insect die Sonne doch in keiner grösseren Helligkeit erscheinen, da die Lichtmenge, welche die Sonne auf den Sehstab des Facettengliedes sendet, nicht wächst. Anders aber verhält es sich, wenn das Facettenglied auf eine leuchtende Fläche gerichtet ist, welche grösser ist als die Sonnenscheibe. Dann müssen, wenn der Sehfeldswinkel, also auch das Elementarsehfeld und somit auch der Kreis, der durch das Elementarsehfeld auf der leuchtenden Fläche repräsentirt wird, wächst, auch mehr Lichtstrahlen von der Fläche auf den Sehstab fallen, die Fläche muss dem Insect heller erscheinen als bei einem Sehfeldswinkel von 32′. Denken wir uns nun die Fläche von sehr geringer Leuchtkraft, so dass sie dem Insect bei einem Sehfeldswinkel von 32′ völlig dunkel erscheint, so ist es möglich, dass, wenn der Sehfeldswinkel grösser und grösser wird, ein Moment kommt, wo das Thier

anfängt, mit diesem Facettengliede die Fläche trotz ihrer schwachen Leuchtkraft zu erblicken. Was für dieses Facettenglied gilt, gilt natürlich für jedes Facettenglied. Der Weg zur Lösung der oben aufgeworfenen Frage liegt also offen. Es nimmt bei wachsendem Sehfeldswinkel die Helligkeit der Umgebung, nicht aber die Helligkeit der Sonne für das Insect zu, und wir können es uns als möglich vorstellen, dass es bei einer bestimmten Grösse des Sehfeldswinkels seine Umgebung in hinreichender Helligkeit erblickt.

Es bleibt jedoch ein Bedenken, nämlich das, ob nicht dieser Sehfeldswinkel einen so ausserordentlich hohen Werth besitzen muss, dass das Thier die Gegenstände zwar in hinreichender Helligkeit, aber, da die Sehschärfe mit wachsendem Sehfeldswinkel sinkt, in nicht genügender Deutlichkeit erblickt. Bei einem Sehfeldswinkel von z. B. 90° würde das Insect die Umgebung schon in sehr geringer Entfernung wohl schwerlich anders, denn als eine gleichmässige helle Fläche erblicken, von einer Unterscheidung der Gegenstände wäre keine Rede mehr. Um dieses Bedenken zu beseitigen, werde ich im Folgenden festzustellen versuchen, in welchem Grade mit dem Wachsen des Sehfeldswinkels die Helligkeit der Umgebung für ein Insect zunimmt. Ich werde, da mir die Umgebung in sehr verschiedener Helligkeit erscheint, je nach der Grösse der Öffnung, durch welche ich sie betrachte, zu berechnen versuchen, wie gross die Öffnungen sein müssen, durch welche ich die Gegenstände um mich herum in derjenigen Helligkeit erblicke, in der sie das Insect bei einem Sehfeldswinkel von 1°, 2°, 3°, 4° u. s. w. sieht. Stelle ich mir diese Öffnungen her, so werde ich unter ihnen eine finden, durch welche mir die Umgebung, wenn auch nicht so hell wie mit blossem Auge, so doch in noch genügender Helligkeit erscheint. Der Sehfeldswinkel, welcher dieser Öffnung entspricht, ist dann der kleinste, den ich bei dem Insect annehmen darf. Es wird sich zeigen, dass derselbe einen verhältnissmässig sehr niedrigen Werth besitzt.

Der Ausgangspunkt für die folgende Berechnung ist die wiederholt besprochene Annahme, dass die Lichtempfindlichkeit des Insectenauges eine derartige ist, dass das Thier die Sonne

in derselben Helligkeit erblickt, in welcher ich sie durch die Grenzöffnung sehe. Dabei ist vorausgesetzt, dass der Sehfeldswinkel nicht unter 32′ beträgt, das Elementarsehfeld also nicht kleiner ist als die scheinbare Grösse der Sonnenscheibe, und dass letztere völlig innerhalb des Elementarsehfeldes des auf sie gerichteten Facettengliedes liegt, oder wenn mehrere Facettenglieder auf sie gerichtet sind, was sehr leicht möglich ist, da bei grösserem Sehfeldswinkel die Elementarsehfelder benachbarter Facettenglieder theilweise übereinander fallen, innerhalb des Elementarsehfeldes jedes einzelnen. Mit denjenigen Facettengliedern, in deren Elementarsehfeld sich nur ein Theil der Sonne befindet (und dies gilt bei einem Sehfeldswinkel unter 32′ auch für das Facettenglied, welches genau auf die Sonne gerichtet ist, dessen Axe durch den Mittelpunkt der Sonnenscheibe geht), kann das Insect sie natürlich nicht in der genannten Helligkeit erblicken. Lassen wir den Sehfeldswinkel wachsen, so bleibt die Helligkeitsempfindung, welche das Thier von der Sonne empfängt, wie schon erwähnt, dieselbe, da die Lichtmenge, welche diese auf den Sehstab der auf sie gerichteten Facetten wirft, die gleiche bleibt. Genau genommen muss beim Grösserwerden des Sehfeldswinkels diese Helligkeitsempfindung allerdings etwas zunehmen, da dann ausser der Sonne sich auch ein mehr oder minder grosser, dieselbe umgebender Theil des Himmels im Elementarsehfeld befindet und Licht auf den Sehstab der betreffenden Facettenglieder sendet. Allein diese Lichtmenge ist im Verhältniss zu derjenigen der Sonne (und bei der Verstärkung einer Helligkeitsempfindung kommt es ja nur auf das Verhältniss der hinzutretenden Lichtmenge zur vorhandenen an) so gering, dass die Vermehrung der Helligkeitsempfindung auch bei sehr grossem Sehfeldswinkel sich schwerlich geltend machen dürfte. Man kann daher, ohne einen merklichen Fehler zu begehen, annehmen, dass das Insect auch bei sehr grossem Sehfeldswinkel die Sonne in derselben Helligkeit erblickt wie bei einem Sehfeldswinkel von 32′.

Nehmen wir nun an, ein Facettenglied sei bei einem Sehfeldswinkel von 32′ auf eine gleichmässig leuchtende Scheibe gerichtet, welche die scheinbare Grösse der Sonne habe, das Elementarsehfeld also genau ausfülle, aber eine geringere

Leuchtkraft, z. B. nur den hundertsten Theil der Leuchtkraft der Sonne besitze. Die Scheibe wird dann auf den Sehstab des Facettengliedes den hundertsten Theil der Lichtmenge senden, welche die Sonne auf denselben wirft. Ebenso wird sie, wenn ich sie durch die Grenzöffnung betrachte, in mein Auge den hundertsten Theil der Lichtmenge senden, welche ich durch die Grenzöffnung von der Sonne empfange. Wird nun das Insect diese Scheibe in der gleichen Helligkeit sehen wie ich (durch die Grenzöffnung)? Man kann dies nicht ohne Weiteres bejahen. Es muss jedoch dann der Fall sein, wenn für den Gesichtssinn des Insectes dasselbe psychophysische Gesetz gilt, wie für den des Menschen, d. h. wenn bei der Ab- und Zunahme der einen Sehstab treffenden Lichtmenge die Helligkeitsempfindung des Insectes in gleichem Masse ab- und zunimmt wie bei mir. Ich nehme dies an, einerseits weil kein Grund vorliegt, dem Gesichtssinne des Insectes ein eigenartiges, uns fremdes psychophysisches Gesetz, welches das Facettenauge unserem Verständnisse bedeutend entrücken würde, zuzuschreiben, anderseits weil die Pigmentverschiebungen im Auge von Insecten und Krebsen darauf hindeuten, dass bei ihnen zwischen Lichtmenge und Helligkeitsempfindung ganz ähnliche Beziehungen herrschen wie bei uns. Gestützt wird diese Annahme, welche, wenn auch vielleicht unbewusst, alle diejenigen machen, welche sich mit der Physiologie des facettirten Auges beschäftigen, durch die Resultate, welche ich im Folgenden erhalte, welche auf dieser Annahme ruhen und welche zeigen, dass man, ohne zu besonderen psychophysischen Gesetzen seine Zuflucht zu nehmen, das Problem, welches der Gegenstand der vorliegenden Abhandlung ist, in befriedigender Weise lösen kann.

Ich nehme also an, dass beim Insect wie bei mir mit dem Wachsen der auf einen Sehstab fallenden Lichtmenge die Helligkeitsempfindung in gleichem Masse zu-, mit dem Abnehmen in gleichem Masse abnimmt. (Geringe Abweichungen haben übrigens keinen Einfluss auf die Folgerungen aus den Resultaten der folgenden Berechnungen.) Wenn daher ein Facettenglied bei einem Sehfeldswinkel von 32′ auf eine gleichmässig leuchtende Scheibe gerichtet ist, welche die schein-

bare Grösse der Sonne, aber nur den halben, dritten, vierten, hundertsten Theil der Leuchtkraft der Sonne, kurz eine beliebige Leuchtkraft besitzt, so sieht das Insect dieselbe nach unserer Annahme in der gleichen Helligkeit wie ich sie durch die Grenzöffnung erblicke. Diese Helligkeitsempfindung bleibt auch dann die gleiche, wenn die Scheibe oder Fläche unbegrenzt gross ist. Denn die Lichtmenge, welche eine gleichmässig leuchtende Fläche auf den Sehstab eines Facettengliedes sendet, ist unabhängig von der Grösse dieser Fläche (wofern sie wenigstens so gross ist, dass sie das Elementarsehfeld völlig ausfüllt), da ja nur diejenigen Punkte der Fläche Licht auf den Sehstab werfen, welche innerhalb des das Elementarsehfeld repräsentirenden Kreises liegen. Ebenso ist die Helligkeit, in welcher mir eine Fläche erscheint, unabhängig von der Grösse derselben. Bei Betrachtung irgend einer Fläche entsteht auf der Netzhaut meines Auges ein Bild derselben. Wird sie grösser, so entsteht auch ein grösseres Bild. Alles Licht, welches von dem hinzugetretenen Theil der Fläche in mein Auge geworfen wird, fällt nur auf denjenigen Theil des Netzhautbildes, um welchen sich das erste Bild vergrössert hat, also nur auf Sehstäbe, welche bis dahin vom Lichte der Fläche nicht getroffen wurden. Diejenigen Sehstäbe, über welche sich das Bild der unvergrösserten Fläche erstreckt, erhalten durch die Vergrösserung der Fläche kein weiteres Licht, also kann auch die Helligkeitsempfindung nicht zunehmen. Ein Theil einer gleichmässig leuchtenden Fläche (z. B. ein Stück eines Papierbogens) erscheint uns — bei gleicher Beleuchtung — genau so hell wie die ganze Fläche (der ganze Papierbogen).

Falls also ein Facettenglied mit dem Sehfeldswinkel von 32′ auf eine unbegrenzt grosse, gleichmässig leuchtende Fläche gerichtet ist, erhält das Insect dieselbe Helligkeitsempfindung wie ich, wenn ich sie durch die Grenzöffnung betrachte. Ich kann nun, ohne die Leuchtkraft der Fläche zu erhöhen, die Helligkeitsempfindung, welche sowohl das Insect wie ich von derselben erhalte, verstärken, indem ich einerseits den Sehfeldswinkel wachsen lasse, anderseits die Öffnung vergrössere, durch welche ich die Fläche betrachte. Wächst der Sehfeldswinkel, so wird auch das Elementarsehfeld grösser, es werfen also

mehr leuchtende Punkte der Fläche Licht auf den Sehstab des Facettengliedes, die Helligkeitsempfindung des Insects muss sich verstärken. Vergrössere ich anderseits die Öffnung, durch welche ich die Fläche betrachte, so sendet jeder Punkt der Fläche eine grössere Lichtmenge in mein Auge, meine Helligkeitsempfindung muss also ebenfalls zunehmen. Lasse ich nun den Sehfeldswinkel derart wachsen, dass gerade zweimal, dreimal, viermal u. s. w. so viel Licht auf den Sehstab des Facettengliedes fällt, wie bei einem Sehfeldswinkel von 32′ — die betreffenden Sehfeldswinkel seien α_2, α_3, α_4 u. s. w. —, und vergrössere ich anderseits die Öffnung, durch welche ich die Fläche betrachte, ebenfalls derart, dass gerade zweimal, dreimal, viermal u. s. w. so viel Licht auf die Netzhaut meines Auges fällt wie durch die Grenzöffnung — die betreffenden Öffnungen seien O_2, O_3, O_4 u. s. w. — so erhält das Insect bei dem Sehfeldswinkel α_2 offenbar dieselbe Helligkeitsempfindung von der Fläche wie ich durch die Öffnung O_2, bei dem Sehfeldswinkel α_3 erscheint ihm die Fläche in derselben Helligkeit wie mir durch die Öffnung O_3, mit dem Sehfeldswinkel α_4 erblickt es die Fläche genau so hell wie ich durch die Öffnung O_4 u. s. w. Es wäre nun aber sehr umständlich, α_2, α_3, α_4 u. s. w., dann O_2, O_3, O_4 u. s. w. einzeln zu berechnen. Einfacher ist es, zwischen den correspondirenden Sehfeldswinkeln und Öffnungen eine mathematische Beziehung herzustellen und diese zur Berechnung der gesuchten Grössen zu benützen.

Zu diesem Zwecke ist es zunächst nothwendig festzustellen, wie die Lichtmenge, welche von einer gleichmässig leuchtenden Fläche bei einem Sehfeldswinkel α auf den Sehstab eines Facettengliedes fällt und welche wir mit $L_{(\alpha)}$ bezeichnen wollen, sich verhält zu der Lichtmenge, welche von derselben Fläche bei dem Sehfeldswinkel von 32′ auf den Sehstab fällt und die wir mit $L_{(32')}$ bezeichnen wollen.

In dem Punkte f der nachstehenden (perspectivischen) Figur befinde sich ein Facettenglied; ab sei der Durchmesser des (kreisrunden) auf der gleichmässig leuchtenden Fläche *Fl* liegenden Elementarsehfeldes, dessen Sehfeldswinkel α beträgt, und $a'b'$ der Durchmesser des Elementarsehfeldes, dessen Sehfeldswinkel 32′ beträgt. Dann stellen die von den beiden Seh-

Die Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe erscheinen vom Jahre 1888 (Band XCVII) an in folgenden vier gesonderten **Abtheilungen**, welche auch einzeln bezogen werden können:

Abtheilung I. Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Krystallographie, Botanik, Physiologie der Pflanzen, Zoologie, Paläontologie, Geologie, Physischen Geographie und Reisen.

Abtheilung II. a. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Astronomie, Physik, Meteorologie und Mechanik.

Abtheilung II. b. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Chemie.

Abtheilung III. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie des Menschen und der Thiere, sowie aus jenem der theoretischen Medicin.

Dem Berichte über jede Sitzung geht eine Übersicht aller in derselben vorgelegten Manuscripte voran.

Von jenen in den Sitzungsberichten enthaltenen Abhandlungen, zu deren Titel im Inhaltsverzeichnisse ein Preis beigesetzt ist, kommen Separatabdrücke in den Buchhandel und können durch die akademische Buchhandlung F. Tempsky (Wien, IX., Wasagasse 42) zu dem angegebenen Preise bezogen werden.

Die dem Gebiete der Chemie und verwandter Theile anderer Wissenschaften angehörigen Abhandlungen werden auch in besonderen Heften unter dem Titel: »Monatshefte für Chemie und verwandte Theile anderer Wissenschaften« herausgegeben. Der Pränumerationspreis für einen Jahrgang dieser Monatshefte beträgt 5 fl. oder 10 Mark.

Der akademische Anzeiger, welcher nur Original-Auszüge, oder, wo diese fehlen, die Titel der vorgelegten Abhandlungen enthält, wird wie bisher, acht Tage nach jeder Sitzung ausgegeben. Der Preis des Jahrganges ist 1 fl. 50 kr. oder 3 Mark.

INHALT

des 5. bis 7. Heftes Mai bis Juli 1894 des CIII. Bandes, Abtheilung III der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe.

Preis des ganzen Heftes: 60 kr. = 1 Mk. 20 Pfg.

feldern auf das Facettenglied f fallenden Lichtstrahlen zwei Kegel mit dem Spitzenwinkel α und 32′ dar, und obige Aufgabe lautet physikalisch ausgedrückt: »Wie verhält sich die Licht- oder Strahlenmenge $L_{(\alpha)}$, welche von dem zu dem Spitzenwinkel α gehörigen Kreise einer gleichmässig leuchtenden Fläche auf einen Punkt oder eine sehr kleine Fläche f fällt, zu der Lichtmenge $L_{(32')}$, welche von dem Kreise mit dem zugehörigen Spitzenwinkel von 32′ darauffällt?« Die Lösung dieser mit Hilfe der höheren Mathematik berechneten Aufgabe findet sich in dem »Grundriss des photometrischen Calcüles« von

Fig. *F.*

A. Beer (Nr. 9, S. 27 ff.). Es verhält sich die Lichtmenge $L_{(\alpha)}$ zur Lichtmenge $L_{(32')}$ wie $\sin^2 \frac{\alpha}{2}$ zu $\sin^2 \frac{32'}{2}$; es besteht also die Gleichung

$$\frac{L_{(\alpha)}}{L_{(32')}} = \frac{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\sin^2 \frac{32'}{2}}. \tag{I}$$

Es ist dabei, wie man aus genanntem Buche ersieht, nicht nothwendig, dass die leuchtende Fläche eben sei oder sich in einer bestimmten Entfernung von f befinde; sie kann vielmehr

SITZUNGSBERICHTE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAF

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE

CIII. BAND. V. BIS VII. HEFT.

JAHRGANG 1894. — MAI BIS JULI.

ABTHEILUNG III.

INHALT: DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER ANATOM
PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN UND DER THIERE, SOWIE AUS JE
THEORETISCHEN MEDICIN.

(MIT 1 TAFEL.)

WIEN, 1894.

AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCK

IN COMMISSION BEI F. TEMPSKY,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

INHALT

des 5. bis 7. Heftes Mai bis Juli 1894) des CIII. Bandes, Abtheilung III der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe.

Preis des ganzen Heftes: 60 kr. = 1 Mk. 20 Pfg.

feldern auf das Facettenglied f fallenden Lichtstrahlen zwei Kegel mit dem Spitzenwinkel α und $32'$ dar, und obige Aufgabe lautet physikalisch ausgedrückt: »Wie verhält sich die Licht- oder Strahlenmenge $L_{(\alpha)}$, welche von dem zu dem Spitzenwinkel α gehörigen Kreise einer gleichmässig leuchtenden Fläche auf einen Punkt oder eine sehr kleine Fläche f fällt, zu der Lichtmenge $L_{(32')}$, welche von dem Kreise mit dem zugehörigen Spitzenwinkel von $32'$ darauffällt?« Die Lösung dieser mit Hilfe der höheren Mathematik berechneten Aufgabe findet sich in dem »Grundriss des photometrischen Calcüles« von

Fig. *F.*

A. Beer (Nr. 9, S. 27 ff.). Es verhält sich die Lichtmenge $L_{(\alpha)}$ zur Lichtmenge $L_{(32')}$ wie $\sin^2 \frac{\alpha}{2}$ zu $\sin^2 \frac{32'}{2}$; es besteht also die Gleichung

$$\frac{L_{(\alpha)}}{L_{(32')}} = \frac{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\sin^2 \frac{32'}{2}}. \qquad \text{(I)}$$

Es ist dabei, wie man aus genanntem Buche ersieht, nicht nothwendig, dass die leuchtende Fläche eben sei oder sich in einer bestimmten Entfernung von f befinde; sie kann vielmehr

eine gebogene Gestalt besitzen, eine beliebige Lage zu f zeigen und sich in einer beliebigen Entfernung von f befinden, wofern sie nur gleichmässig leuchtet.

Bevor wir weitergehen, bleibt noch die Frage zu beantworten, ob das von den verschiedenen Punkten des Elementarsehfeldes ausgehende Licht — selbstverständlich eine gleichmässig leuchtende Fläche vorausgesetzt — auch gleiche Erregung im Sehstabe, dem lichtempfindlichen Theile des Facettengliedes, hervorruft, ob die nahe der Peripherie des Elementarsehfeldes gelegenen leuchtenden Punkte in dieser Beziehung den dem Centrum benachbarten gleichwerthig sind. Es wäre möglich, dass die Punkte in der Nähe der Peripherie durch zwei Umstände eine geringere Erregung bewirkten, einmal nämlich dadurch, dass von ihnen eine geringere Lichtmenge auf den Sehstab gelangte und zweitens dadurch, dass ihre Strahlen eine kleinere Strecke des Sehstabes durchliefen als die von den centralen Punkten ausgehenden Strahlen. Das Licht der peripherisch gelegenen Punkte fällt schräg, und zwar um so schräger, je näher sie sich der Peripherie des Elementarsehfeldes befinden, auf das Facettenglied, und es ist denkbar, dass infolge dessen von einem solchen Punkte nicht die gleiche Strahlenmenge wie von einem centralen Punkte auf den Sehstab gelangt, dass ein Theil vom Pigment absorbirt wird oder sonstwie für die Empfindung verloren geht. Ferner können die Strahlen, die von einem solchen Punkte auf den Sehstab gelangen, in diesem so schräg verlaufen, dass sie nur eine kleine Strecke desselben durchsetzen, früher aus dem Sehstab austreten als die centralen Strahlen und demnach eine geringere Erregung hervorrufen. Aus den Untersuchungen, welche Exner über das facettirte Auge angestellt hat, geht jedoch hervor, und es wird dies mehrfach ausdrücklich von ihm betont, dass dieses Auge mit den verschiedensten Mitteln darauf hinzielt, einmal von denjenigen Punkten der Umgebung, welche überhaupt Strahlen auf den Sehstab eines Facettengliedes senden, möglichst alles Licht darauf zu lenken und das Licht der anderen, ausserhalb des Elementarsehfeldes gelegenen Punkte möglichst zu vernichten oder abzuhalten, dann aber auch, alles überhaupt auf den Sehstab fallende Licht für die Erregung desselben möglichst auszunützen

(vergl. in Nr. 1 z. B. S. 5, 6, 28, 29, 31, 59 ff., 88, 152). Desswegen, meine ich, dürfen wir annehmen, dass wenigstens bei kleinem Sehfeldswinkel — etwa bis zu 5°, 10°, vielleicht auch 15° — die verschiedenen Punkte des Elementarsehfeldes in dem besprochenen Sinne gleichwerthig sind oder doch eine so geringe Differenz zeigen, dass wir dieselbe, ohne einen merklichen Fehler zu begehen, vernachlässigen können.

Um zu der mathematischen Beziehung zwischen correspondirenden Sehfeldswinkeln und Öffnungen zu gelangen, müssen wir ferner wissen, wie die Lichtmenge, welche von einer leuchtenden Fläche (und zwar nehmen wir an, es sei dieselbe leuchtende Fläche, welche wir bei Ableitung der Gleichung (I) zu Grunde legten) durch eine (kreisrunde) Öffnung mit dem Radius R in mein Auge fällt und welche wir mit $L_{(R)}$ bezeichnen wollen, sich verhält zu der Lichtmenge, welche von derselben Fläche durch die Grenzöffnung (deren Radius 0·0167 *mm* beträgt) in mein Auge fällt und die wir mit $L_{(0 \cdot 0167)}$ bezeichnen wollen. Physikalisch ausgedrückt lautet die Aufgabe: »Wie verhält sich die Lichtmenge $L_{(R)}$, welche von einer leuchtenden Fläche auf (oder durch) einen Kreis mit dem Radius R fällt, zu der Lichtmenge $L_{(0 \cdot 0167)}$, welche von dieser Fläche auf (oder durch) einen Kreis mit dem Radius 0·0167 *mm* fällt?« Die Lösung dieser Aufgabe ist einfach, wofern die Kreise sehr klein sind, was in unserem Falle zutrifft. Dann verhalten sich die Lichtmengen, welche auf die Kreise fallen, wie die Flächen derselben. Es verhält sich also $L_{(R)}$ zu $L_{(0 \cdot 0167)}$ wie $\pi . R^2$ zu $\pi . (0 \cdot 0167)^2$, d. h. wie R^2 zu $(0 \cdot 0167)^2$. Es besteht also die Gleichung

$$\frac{L_{(R)}}{L_{(0 \cdot 0167)}} = \frac{R^2}{(0 \cdot 0167)^2} . \qquad \text{(II)}$$

Soll nun die Lichtmenge $L_{(R)}$ bei mir dieselbe Helligkeitsempfindung hervorrufen wie bei dem Insect die auf den Sehstab eines Facettengliedes fallende Lichtmenge $L_{(\alpha)}$ (soll also die Öffnung mit dem Radius R mit dem Sehfeldswinkel α correspondiren), so muss (siehe oben S. 128) die Lichtmenge $L_{(R)}$ um ebenso viel grösser sein als $L_{(0 \cdot 0167)}$, wie die Lichtmenge $L_{(\alpha)}$

grösser ist als $L_{(32')}$, d. h. es muss sich $L_{(R)}$ zu $L_{(0 \cdot 0167)}$ verhalten wie $L_{(\alpha)}$ zu $L_{(32')}$, es muss also die Gleichung gelten:

$$\frac{L_{(R)}}{L_{(0 \cdot 0167)}} = \frac{L_{(\alpha)}}{L_{(32')}} .$$

Die linke Seite dieser Gleichung darf ich auf Grund der Gleichung (II) durch den Ausdruck $\frac{R^2}{(0 \cdot 0167)^2}$ ersetzen, die rechte Seite nach Gleichung (I) durch den Ausdruck

$$\frac{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\sin^2 \frac{32'}{2}} .$$

Ich erhalte dann die Gleichung

$$\frac{R^2}{(0 \cdot 0167)^2} = \frac{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\sin^2 \frac{32'}{2}},$$

welche sich vereinfacht, indem man auf beiden Seiten die Quadratwurzel zieht. Es ergibt sich die Gleichung

$$\frac{R}{0 \cdot 0167} = \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\sin \frac{32'}{2}}, \text{ und hieraus } R = \frac{0 \cdot 0167}{\sin \frac{32'}{2}} . \sin \frac{\alpha}{2}$$

oder

$$\boldsymbol{R = 3 \cdot 588 . \sin \frac{\alpha}{2}} .$$

Mit Hilfe dieser Gleichung kann ich jetzt die Radien der Öffnungen berechnen, durch welche ich von einer gleichmässig leuchtenden Fläche dieselbe Helligkeitsempfindung erhalte, wie sie das Insect von dieser Fläche bei einem Sehfeldswinkel von 1°, 2°, 3°, 4° u. s. w. empfängt, indem ich in die Gleichung diese Winkelwerthe statt α einsetze und die betreffenden R berechne. In der folgenden Tabelle ist auf diese Weise für eine

Anzahl von Sehfeldswinkeln der Radius R der correspondirenden Öffnungen bestimmt werden.

Einen Sehfeldswinkel von

32′	entspricht	$R = 0 \cdot 0167 mm$	15°	entspricht	$R = 0 \cdot 47 mm$
1°	»	0·03	20	»	0·62
2	»	0·06	25	»	0·78
3	»	0·09	30	»	0·93
4	»	0·13	35	»	1·08
5	»	0·16	40	»	1·23
6	»	0·19	50	»	1·52
7	»	0·22	60	»	1·79
8	»	0·25	70	»	2·06
9	»	0·28	80	»	2·31
10	»	0·31	90	»	2·54

Den Berechnungen, welche zu den in obiger Tabelle enthaltenen Resultaten führten, legte ich eine gleichmässig, d. h. eine in allen Punkten gleich stark leuchtende Fläche zu Grunde. Unsere Umgebung stellt nun zwar eine derartige Fläche nicht dar, man kann sie sich jedoch aus einer mehr oder minder grossen Zahl kleiner Flächen mosaikartig zusammengesetzt denken, deren jede für sich gleichmässig oder nahezu gleichmässig leuchtet. Wenn nun auch in dem Elementarsehfelde jedes Facettengliedes in der Regel eine mehr oder minder grosse Zahl dieser kleinen Flächen liegen wird, ihre verschiedenen Helligkeiten also in der Empfindung zu einer mittleren Helligkeit verschmelzen werden, so kann dies die Helligkeit, in welcher das Insect die gesammte Umgebung erblickt, im Grossen und Ganzen doch nicht ändern.

Was nun die Frage betrifft, deren Beantwortung der Zweck unserer Berechnungen ist, ob nämlich ein Insect etwa einen exorbitant grossen Sehfeldswinkel besitzen muss, damit es bei der von uns angenommenen sehr geringen Lichtempfindlichkeit seines Auges die Umgebung überhaupt erblickt, so beobachtete ich diesbezüglich Folgendes.

Durch eine Öffnung, deren Radius nicht ganz 0·5 *mm* betrug, welcher also ein Sehfeldswinkel von etwa 15° entsprach, konnte ich an einem trüben Tage, als der ganze Himmel mit einer dichten, gleichmässig grauen Wolkenmasse bedeckt war, also bei ziemlich schwacher Beleuchtung, lesen und die

INHALT

des 5. bis 7. Heftes Mai bis Juli 1894 des CIII. Bandes, Abtheilung III der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe.

Preis des ganzen Heftes: 60 kr. = 1 Mk. 20 Pfg.

feldern auf das Facettenglied f fallenden Lichtstrahlen zwei Kegel mit dem Spitzenwinkel α und $32'$ dar, und obige Aufgabe lautet physikalisch ausgedrückt: »Wie verhält sich die Licht- oder Strahlenmenge $L_{(\alpha)}$, welche von dem zu dem Spitzenwinkel α gehörigen Kreise einer gleichmässig leuchtenden Fläche auf einen Punkt oder eine sehr kleine Fläche f fällt, zu der Lichtmenge $L_{(32')}$, welche von dem Kreise mit dem zugehörigen Spitzenwinkel von $32'$ darauffällt?« Die Lösung dieser mit Hilfe der höheren Mathematik berechneten Aufgabe findet sich in dem »Grundriss des photometrischen Calcüles« von

Fig. F.

A. Beer (Nr. 9, S. 27 ff.). Es verhält sich die Lichtmenge $L_{(\alpha)}$ zur Lichtmenge $L_{(32')}$ wie $\sin^2 \frac{\alpha}{2}$ zu $\sin^2 \frac{32'}{2}$; es besteht also die Gleichung

$$\frac{L_{(\alpha)}}{L_{(32')}} = \frac{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\sin^2 \frac{32'}{2}}. \tag{I}$$

Es ist dabei, wie man aus genanntem Buche ersieht, nicht nothwendig, dass die leuchtende Fläche eben sei oder sich in einer bestimmten Entfernung von f befinde; sie kann vielmehr

eine gebogene Gestalt besitzen, eine beliebige Lage zu *f* zeigen und sich in einer beliebigen Entfernung von *f* befinden, wofern sie nur gleichmässig leuchtet.

Bevor wir weitergehen, bleibt noch die Frage zu beantworten, ob das von den verschiedenen Punkten des Elementarsehfeldes ausgehende Licht — selbstverständlich eine gleichmässig leuchtende Fläche vorausgesetzt — auch gleiche Erregung im Sehstabe, dem lichtempfindlichen Theile des Facettengliedes, hervorruft, ob die nahe der Peripherie des Elementarsehfeldes gelegenen leuchtenden Punkte in dieser Beziehung den dem Centrum benachbarten gleichwerthig sind. Es wäre möglich, dass die Punkte in der Nähe der Peripherie durch zwei Umstände eine geringere Erregung bewirkten, einmal nämlich dadurch, dass von ihnen eine geringere Lichtmenge auf den Sehstab gelangte und zweitens dadurch, dass ihre Strahlen eine kleinere Strecke des Sehstabes durchliefen als die von den centralen Punkten ausgehenden Strahlen. Das Licht der peripherisch gelegenen Punkte fällt schräg, und zwar um so schräger, je näher sie sich der Peripherie des Elementarsehfeldes befinden, auf das Facettenglied, und es ist denkbar, dass infolge dessen von einem solchen Punkte nicht die gleiche Strahlenmenge wie von einem centralen Punkte auf den Sehstab gelangt, dass ein Theil vom Pigment absorbirt wird oder sonstwie für die Empfindung verloren geht. Ferner können die Strahlen, die von einem solchen Punkte auf den Sehstab gelangen, in diesem so schräg verlaufen, dass sie nur eine kleine Strecke desselben durchsetzen, früher aus dem Sehstab austreten als die centralen Strahlen und demnach eine geringere Erregung hervorrufen. Aus den Untersuchungen, welche Exner über das facettirte Auge angestellt hat, geht jedoch hervor, und es wird dies mehrfach ausdrücklich von ihm betont, dass dieses Auge mit den verschiedensten Mitteln darauf hinzielt, einmal von denjenigen Punkten der Umgebung, welche überhaupt Strahlen auf den Sehstab eines Facettengliedes senden, möglichst alles Licht darauf zu lenken und das Licht der anderen, ausserhalb des Elementarsehfeldes gelegenen Punkte möglichst zu vernichten oder abzuhalten, dann aber auch, alles überhaupt auf den Sehstab fallende Licht für die Erregung desselben möglichst auszunützen

(vergl. in Nr. 1 z. B. S. 5, 6, 28, 29, 31, 59 ff., 88, 152). Desswegen, meine ich, dürfen wir annehmen, dass wenigstens bei kleinem Sehfeldswinkel — etwa bis zu 5°, 10°, vielleicht auch 15° — die verschiedenen Punkte des Elementarsehfeldes in dem besprochenen Sinne gleichwerthig sind oder doch eine so geringe Differenz zeigen, dass wir dieselbe, ohne einen merklichen Fehler zu begehen, vernachlässigen können.

Um zu der mathematischen Beziehung zwischen correspondirenden Sehfeldswinkeln und Öffnungen zu gelangen, müssen wir ferner wissen, wie die Lichtmenge, welche von einer leuchtenden Fläche (und zwar nehmen wir an, es sei dieselbe leuchtende Fläche, welche wir bei Ableitung der Gleichung (I) zu Grunde legten) durch eine (kreisrunde) Öffnung mit dem Radius R in mein Auge fällt und welche wir mit $L_{(R)}$ bezeichnen wollen, sich verhält zu der Lichtmenge, welche von derselben Fläche durch die Grenzöffnung (deren Radius 0·0167 *mm* beträgt) in mein Auge fällt und die wir mit $L_{(0 \cdot 0167)}$ bezeichnen wollen. Physikalisch ausgedrückt lautet die Aufgabe: »Wie verhält sich die Lichtmenge $L_{(R)}$, welche von einer leuchtenden Fläche auf (oder durch) einen Kreis mit dem Radius R fällt, zu der Lichtmenge $L_{(0 \cdot 0167)}$, welche von dieser Fläche auf (oder durch) einen Kreis mit dem Radius 0·0167 *mm* fällt?« Die Lösung dieser Aufgabe ist einfach, wofern die Kreise sehr klein sind, was in unserem Falle zutrifft. Dann verhalten sich die Lichtmengen, welche auf die Kreise fallen, wie die Flächen derselben. Es verhält sich also $L_{(R)}$ zu $L_{(0 \cdot 0167)}$ wie $\pi . R^2$ zu $\pi . (0 \cdot 0167)^2$, d. h. wie R^2 zu $(0 \cdot 0167)^2$. Es besteht also die Gleichung

$$\frac{L_{(R)}}{L_{(0 \cdot 0167)}} = \frac{R^2}{(0 \cdot 0167)^2} . \qquad \text{(II)}$$

Soll nun die Lichtmenge $L_{(R)}$ bei mir dieselbe Helligkeitsempfindung hervorrufen wie bei dem Insect die auf den Sehstab eines Facettengliedes fallende Lichtmenge $L_{(\alpha)}$ (soll also die Öffnung mit dem Radius R mit dem Sehfeldswinkel α correspondiren), so muss (siehe oben S. 128) die Lichtmenge $L_{(R)}$ um ebenso viel grösser sein als $L_{(0 \cdot 0167)}$, wie die Lichtmenge $L_{(\alpha)}$

grösser ist als $L_{(32')}$, d. h. es muss sich $L_{(R)}$ zu $L_{(0\cdot 0167)}$ verhalten wie $L_{(\alpha)}$ zu $L_{(32')}$, es muss also die Gleichung gelten:

$$\frac{L_{(R)}}{L_{(0\cdot 0167)}} = \frac{L_{(\alpha)}}{L_{(32')}}.$$

Die linke Seite dieser Gleichung darf ich auf Grund der Gleichung (II) durch den Ausdruck $\frac{R^2}{(0\cdot 0167)^2}$ ersetzen, die rechte Seite nach Gleichung (I) durch den Ausdruck

$$\frac{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\sin^2 \frac{32'}{2}}.$$

Ich erhalte dann die Gleichung

$$\frac{R^2}{(0\cdot 0167)^2} = \frac{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\sin^2 \frac{32'}{2}},$$

welche sich vereinfacht, indem man auf beiden Seiten die Quadratwurzel zieht. Es ergibt sich die Gleichung

$$\frac{R}{0\cdot 0167} = \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\sin \frac{32'}{2}}, \text{ und hieraus } R = \frac{0\cdot 0167}{\sin \frac{32'}{2}} . \sin \frac{\alpha}{2}$$

oder

$$\boldsymbol{R = 3\cdot 588 . \sin \frac{\alpha}{2}}.$$

Mit Hilfe dieser Gleichung kann ich jetzt die Radien der Öffnungen berechnen, durch welche ich von einer gleichmässig leuchtenden Fläche dieselbe Helligkeitsempfindung erhalte, wie sie das Insect von dieser Fläche bei einem Sehfeldswinkel von 1°, 2°, 3°, 4° u. s. w. empfängt, indem ich in die Gleichung diese Winkelwerthe statt α einsetze und die betreffenden R berechne. In der folgenden Tabelle ist auf diese Weise für eine

Anzahl von Sehfeldswinkeln der Radius R der correspondirenden Öffnungen bestimmt werden.

Einen Sehfeldswinkel von

32′	entspricht	$R = 0 \cdot 0167 mm$	15°	entspricht	$R = 0 \cdot 47 mm$
1°	»	0·03	20	»	0·62
2	»	0·06	25	»	0·78
3	»	0·09	30	»	0·93
4	»	0·13	35	»	1·08
5	»	0·16	40	»	1·23
6	»	0·19	50	»	1·52
7	»	0·22	60	»	1·79
8	»	0·25	70	»	2·06
9	»	0·28	80	»	2·31
10	»	0·31	90	»	2·54

Den Berechnungen, welche zu den in obiger Tabelle enthaltenen Resultaten führten, legte ich eine gleichmässig, d. h. eine in allen Punkten gleich stark leuchtende Fläche zu Grunde. Unsere Umgebung stellt nun zwar eine derartige Fläche nicht dar, man kann sie sich jedoch aus einer mehr oder minder grossen Zahl kleiner Flächen mosaikartig zusammengesetzt denken, deren jede für sich gleichmässig oder nahezu gleichmässig leuchtet. Wenn nun auch in dem Elementarsehfelde jedes Facettengliedes in der Regel eine mehr oder minder grosse Zahl dieser kleinen Flächen liegen wird, ihre verschiedenen Helligkeiten also in der Empfindung zu einer mittleren Helligkeit verschmelzen werden, so kann dies die Helligkeit, in welcher das Insect die gesammte Umgebung erblickt, im Grossen und Ganzen doch nicht ändern.

Was nun die Frage betrifft, deren Beantwortung der Zweck unserer Berechnungen ist, ob nämlich ein Insect etwa einen exorbitant grossen Sehfeldswinkel besitzen muss, damit es bei der von uns angenommenen sehr geringen Lichtempfindlichkeit seines Auges die Umgebung überhaupt erblickt, so beobachtete ich diesbezüglich Folgendes.

Durch eine Öffnung, deren Radius nicht ganz $0 \cdot 5 mm$ betrug, welcher also ein Sehfeldswinkel von etwa 15° entsprach, konnte ich an einem trüben Tage, als der ganze Himmel mit einer dichten, gleichmässig grauen Wolkenmasse bedeckt war, also bei ziemlich schwacher Beleuchtung, lesen und die

Gegenstände im Hintergrunde eines einfenstrigen Zimmers deutlich sehen.

Durch eine Öffnung, deren Radius 0·104 *mm* betrug welcher also ein Sehfeldswinkel von etwa $3^1/_3{}^\circ$ entsprach, konnte ich Gegenstände, welche in dem betreffenden Zimmer nicht zu weit vom Fenster abstanden und eine helle Färbung trugen (Gypsfiguren, Schreibpapier), sehen; im Hintergrunde des Zimmers sah ich sie ebenfalls, aber matt und undeutlich. Blickte ich durch das Fenster ins Freie, so konnte ich dort alle Gegenstände deutlich wahrnehmen.

Durch eine Öffnung, deren Radius 0·059 *mm* betrug, welcher also ein Sehfeldswinkel von etwa 2° entsprach, konnte ich hellgefärbte Gegenstände in der Nähe des Fensters mit Mühe sehen. Im Freien vermochte ich die Gegenstände noch zu erkennen.

Durch eine Öffnung, deren Radius 0·0325 *mm* betrug, welcher also ein Sehfeldswinkel von nur etwa 1° entsprach, vermochte ich auch im Freien kaum noch etwas zu erkennen, höchstens die Umrisse der sich vom Himmel abhebenden Häuser.

Wie aus diesen Beobachtungen hervorgeht, kann man durch Öffnungen, welchen sehr kleine Sehfeldswinkel entsprechen, bei verhältnissmässig sehr schwacher Beleuchtung die Umgebung noch wahrnehmen. Nun habe ich aber von vornherein nur oder vor Allem diejenigen Insecten, wie Tagfalter, Libellen u. A. ins Auge gefasst, welche sich vorwiegend oder ausschliesslich im directen Sonnenlichte tummeln. Bei derartiger Beleuchtung sieht man aber ganz erheblich besser. So konnte ich durch die Öffnung mit dem Radius von 0·104 *mm* und correspondirendem Sehfeldswinkel von $3^1/_3{}^\circ$ kleine Schrift lesen, wenn directes Sonnenlicht darauf fiel.

Noch günstigere Resultate würde man erhalten, wenn man von den zwischen 0·0167 *mm* und 0·029 *mm* sich bewegenden Radien der Grenzöffnung nicht, wie ich es gethan habe, die untere Grenze, sondern irgend eine zwischen dieser und der oberen Grenze liegende Zahl wählte. Es war

$$R = \frac{0\cdot0167}{\sin\frac{32'}{2}} . \sin\frac{\alpha}{2} .$$

Setzt man in diese Gleichung statt 0·0167 eine grössere Zahl ein, so erhält man bei gleichem Sehfeldswinkel grössere Werthe für *R*. Setzt man z. B. statt 0·0167 die Zahl 0·029, also die obere Grenze des Radius der Grenzöffnung ein, so erhält man folgende Tabelle:

Einem Sehfeldswinkel von

32′	entspricht	$R = 0·029$ *mm*	6°	entspricht	$R = 0·33$ *mm*
1°	»	0·05	7	»	0·38
2	»	0·11	8	»	0·43
3	»	0·16	9	»	0·49
4	»	0·22	10	»	0·54
5	»	0·27			

Es würde also der Öffnung mit dem Radius 0·104 *mm* nicht ein Sehfeldswinkel von $3^1/_3{}^\circ$, sondern nur ein solcher von nicht ganz 2° entsprechen.

Wie gross man nun auch innerhalb der gegebenen Grenzen den Radius der Grenzöffnung wählen mag, soviel geht aus meinen Berechnungen und Beobachtungen hervor, dass das Insect nicht nur keines übermässig grossen, sondern trotz der angenommenen geringen Lichtempfindlichkeit seines Auges sogar nur eines verhältnissmässig kleinen Sehfeldswinkels bedarf, um seine Umgebung zu erblicken.

Zum Schlusse habe ich noch von Thatsachen zu sprechen, welche als Stütze, um nicht zu sagen Bestätigung meiner Theorie der Helligkeitsempfindung der Insecten dienen.

Da die Sehschärfe eines Insectes mit wachsendem Sehfeldswinkel beträchtlich abnimmt, so steht zu erwarten, dass dieser so klein wie möglich ist, dass das Insect seine Umgebung seiner ganzen Lebensweise entsprechend, in eben hinreichender Helligkeit erblickt. Es steht zu erwarten, dass die Insecten, welche sich ausschliesslich oder vorwiegend bei klarem Himmel und hellem Sonnenscheine tummeln, im Allgemeinen einen kleineren Sehfeldswinkel besitzen als solche, welche wie die Stubenfliege ausser im Freien sich auch in schwach beleuchteten Räumlichkeiten bewegen und diese einen kleineren als solche, die ausser am Tage auch des Abends und Nachts umherfliegen.

Was zunächst die Insecten der ersten Art betrifft, so berechnete ich den Sehfeldswinkel der Hummel und einer Libellenart aus Beobachtungen Exner's, von denen ich unten noch sprechen werde, zu dem sehr geringen Werthe von annähernd 2—3°. Wie man sieht, fällt er überraschend nahe mit den Sehfeldswinkeln zusammen, welche ich nach meinen Berechnungen und Beobachtungen als die kleinsten betrachten muss. Die Helligkeit, in welcher einem Insect mit einem so kleinen Sehfeldswinkel die Umgebung erscheint, muss trotz des Sonnenscheines eine sehr geringe sein, und es erklärt sich daraus eine auffallende und leicht zu beobachtende Erscheinung, dass nämlich viele Insecten bei bedecktem Himmel nicht umherfliegen, sondern sich ruhig verhalten oder auch verbergen, bis die Sonne wieder zum Durchbruch gelangt (»...le fait bien connu, que par un temps couvert ou même simplement lors du passage d'un nuage opaque les insectes cessent de voler et se cachent pour la plupart.« Plateau Nr. 5, p. 10). Die Gegenstände erscheinen ihnen bei bedecktem Himmel offenbar zu dunkel (womit ich jedoch nicht sagen will, dass sie dann etwa gar nichts sähen). So erklärt es auch Plateau.

Wie Leydig und Thompson Lowne beobachtet haben wollen (Nr. 1, S. 187), soll bei gewissen Insecten das Pigmentlumen zwischen Krystallkegel und Retinula seinen Durchmesser zu ändern vermögen. Diese Thiere besässen demnach eine der contractilen Iris des menschlichen Auges ganz ähnliche Vorrichtung, mit welcher sie bei wechselnder Beleuchtung die ins Auge fallende Lichtmenge reguliren oder, wie man hier auch sagen darf (da mit dem Grösser- und Kleinerwerden des Pigmentlumen-Durchmessers auch das Elementarsehfeld grösser und kleiner wird) den Sehfeldswinkel innerhalb bestimmter Grenzen abändern könnten, so dass sie bei abnehmender Beleuchtung, z. B. wenn der Himmel sich bedeckt, ihre Umgebung doch in genügender Helligkeit erblickten, allerdings auf Kosten der Sehschärfe.

Was nun die Insecten betrifft, welche wie die Stubenfliege sowohl im Freien im Sonnenscheine, als auch in verhältnissmässig schwach beleuchteten Räumen umherfliegen, so muss man bei ihnen, wie gesagt, einen erheblich grösseren Sehfelds-

winkel erwarten, weil sie anderenfalls zwar im Freien, aber nicht in der schwächeren Beleuchtung eines Zimmers ihre Umgebung sehen würden, und in der That berechnete ich den Sehfeldswinkel der Stubenfliege aus Beobachtungen Exner's zu dem auffallend hohen Werthe von rund 35°. Hierher gehören übrigens auch Thiere, wie der Schwertschwanz (*Limulus polyphemus*), der theils am Strande in der Luft, theils im Meere, wo das Licht stark gedämpft ist, lebt (Nr. 1, S. 20). Exner bestimmte seinen Sehfeldswinkel zu etwa 8° (Nr. 1, S. 23). Nach derselben Berechnungsmethode erhielt ich aus Beobachtungen, welche Exner an der Stuben fliege, der Hummel und einer Libellenart machte (Nr. 1, S. 87 ff.), die oben genannten Sehfeldswinkel.

Er schnitt vom Auge dieser Thiere in einer bestimmten Tiefe einen Theil ab, richtete — die Vorbereitungen will ich übergehen — die gewölbte Fläche dieses abgekappten Theiles auf Licht und blickte auf die glatte (Schnitt-) Fläche. Letztere erschien vollkommen schwarz, »abgesehen von regelmässig gestellten, kleinen hellen Stellen, welche den Spitzen der Krystallkegel entsprechen und die Pforten darstellen, durch welche das Licht zu den Sehstäben gelangen kann«. Ist ein solcher Augentheil auf einen Lichtpunkt (eine Kerzenflamme) gerichtet, so sieht man eine Gruppe von hellen Pünktchen in demselben welche bei Bewegung des Lichtpunktes mitwandern. Diese hellen Pünktchen entsprechen den Brennpunkten der einzelnen Facettenglieder und es muss an diesen Stellen ein kleines verkehrtes Bildchen des Lichtpunktes (der Kerzenflamme) liegen, welches Exner bei *Musca vomitoria* wiederholt sehen konnte.

Nimmt man statt eines Lichtpunktes deren zwei, so sieht man zwei Gruppen von Lichtpünktchen im Auge. Exner rückte die beiden diese Lichtpunkte darstellenden Kerzenflammen so nahe aneinander, dass im abgekappten Theil des Auges einer Stubenfliege die beiden Gruppen von Lichtpünktchen zu verschmelzen anfingen. Die den beiden Gruppen gemeinschaftlichen Facettenglieder zeigten jetzt je zwei Lichtpunkte. Die Entfernung der Kerzen vom Auge betrug dabei 50 *cm*, ihr gegenseitiger Abstand 30 *cm*. Aus diesen Daten lässt sich (unter der Voraussetzung, dass die Strahlen der beiden Bildpunkte auf den Sehstab gelangen) der Sehfeldswinkel

bestimmen. Er ergibt sich für die Stubenfliege, wie schon erwähnt, zu rund 35°. Wir müssen hier jedoch, da dieser Winkel ein sehr grosser ist, aus den auf S. 130 und 131 angeführten Gründen annehmen, dass ihm eine kleinere Öffnung als die in der oben angegebenen Tabelle angeführte (1·08 *mm*) entspricht.

Auch in den abgekappten Augentheilen einer Hummel und einer Libelle sah Exner durch zwei Kerzenflammen zwei Gruppen von Lichtpünktchen hervorgerufen, doch fielen die beiden Gruppen noch nicht zusammen, als die Kerzen bei einer Entfernung von circa 60 *cm* vom Auge bis auf wenige (2—3) Centimeter aneinandergerückt wurden. Dabei sieht man an den einzelnen Facettengliedern nur den Brennpunkt (das Bildchen) einer Kerze, nicht den der anderen. Wurde diese Kerze noch näher an die erste herangebracht, so schien der Brennpunkt der ersten heller zu werden, d. h. die beiden Bildchen verschwammen ineinander. Der Sehfeldswinkel der Hummel und der Libelle ergibt sich aus diesen Angaben zu annähernd 2° bis 3°.

Die so berechneten Sehfeldswinkel sind natürlich nicht genau, denn — von anderen Einwänden ganz abgesehen — sind die von Exner angegebenen Zahlen nur runde Zahlen. Es geht aus ihnen aber deutlich hervor, wie es meine Folgerungen ergaben, dass der Sehfeldswinkel der Stubenfliege ein grösserer ist, als der der Hummel und Libelle.

Nun gibt es auch Insecten, zu denen gewisse Nachtschmetterlinge, wie *Plusia gamma*, gehören, welche ausser im Sonnenscheine auch des Abends und Nachts, also bei sehr schwacher Beleuchtung umherfliegen. Damit sie in letzterem Falle die Umgebung in hinreichender Helligkeit erblicken, müsste ihr Sehfeldswinkel ein sehr grosser, ihre Sehschärfe demnach eine äusserst geringe sein. Die Natur hat bei diesen Thieren aber einen anderen Weg eingeschlagen und ihnen in der im ersten Theile der vorliegenden Abhandlung geschilderten Pigmentverschiebung eine Einrichtung gegeben, durch welche ihnen auch bei der schwachen Beleuchtung des Abends und der Nacht die Gegenstände hell genug erscheinen, ohne dass eine wesentliche Herabsetzung der Sehschärfe erfolgt. Ändert

sich nämlich mit Eintritt der Dunkelheit die Lage des Irispigments, so fallen, wie die Untersuchungen Exner's ergeben haben, infolge des eigenartigen dioptrischen Apparates der Facettenglieder nicht nur diejenigen Strahlen, welche ein leuchtender Punkt in das auf ihn gerichtete Facettenglied sendet, auf den Sehstab desselben, sondern auch diejenigen Strahlen, welche dieser Punkt auf die benachbarten Facetten wirft. Es entsteht so ein erheblich lichtstärkeres Bild der Umgebung auf der Netzhaut des Thieres, als vorher.

Erklärung der Tafel.

Fig. 1*a* zeigt in vergrössertem Massstabe ein Auge von *Plusia gamma,* wie es sich des Abends und Nachts darstellt, wenn es »leuchtet«.

» 7a zeigt ein solches Auge, wie es am Tage erscheint.

» 2*a*, 4*a* und 6*a* gibt das Aussehen des Auges in drei aufeinanderfolgenden Stadien wieder, wenn es unter dem Einflusse des Lichtes aus dem in Fig. 1*a* dargestellten Zustande in den in Fig. 7*a* wiedergegebenen Zustand übergeht.

» 1 zeigt das Aussehen von sieben benachbarten Facetten, wenn das Gesammtauge »leuchtet«, also den in Fig. 1*a* dargestellten Eindruck macht.

» 2 bis 7 zeigt in aufeinanderfolgenden Stadien wie sich das Aussehen der sieben Facettenglieder ändert, wenn das Auge aus dem in Fig. 1*a* dargestellten Zustande in den in Fig. 7*a* wiedergegebenen Zustand übergeht.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

CIII. BAND. V. HEFT.

ABTHEILUNG III.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN UND DER THIERE, SOWIE AUS JENEM DER THEORETISCHEN MEDICIN.

XII. SITZUNG VOM 4. MAI 1894.

Der Secretär legt das erschienene Heft III (März 1894) des 15. Bandes der Monatshefte für Chemie vor.

Das w. M. Herr Regierungsrath Prof. E. Mach übersendet eine Abhandlung von Prof. Dr. G. Jaumann in Prag: »Zur Kenntniss des Ablaufes der Lichtemission«.

Das w. M. Herr Prof. L. Pfaundler übersendet eine Arbeit aus dem physikalischen Institute der k. k. Universität in Graz von Prof. Dr. F. Streintz: »Über die thermochemischen Vorgänge im Secundärelemente«.

Das c. M. Herr Regierungsrath Prof. C. Freiherr v. Ettingshausen in Graz übersendet eine Abhandlung: »Zur Theorie der Entwicklung der jetzigen Floren der Erde aus der Tertiärflora«.

Das c. M. Herr emerit. Prof. M. Willkomm übersendet zwei Arbeiten von Dr. Wilhelm Sigmund in Prag, betitelt:

1. »Einfluss des Magnetismus auf das Pflanzenwachsthum« (Vorläufige Mittheilung);
2. »Über die Wirkung gasförmiger, flüssiger und fester Körper auf die Keimung«.

Herr P. C. Puschl, Stiftscapitular in Seitenstetten, übersendet eine Abhandlung, betitelt: »Folgerungen aus Amagat's Versuchen«.

Herr Max Jüllig, dipl. Ingenieur und Privatdocent an der k. k. technischen Hochschule in Wien, übersendet eine Abhandlung mit dem Titel: »Über die Gestalt der Kraftlinien eines magnetischen Drehfeldes«.

Herr Alfred J. Ritter v. Dutczyński in Wien übersendet ein versiegeltes Schreiben behufs Wahrung der Priorität mit der Aufschrift: »Beschreibung und Begründung einer Neuerung an Bremsen«.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. C. Claus überreicht eine Mittheilung: »Über die Herkunft der die Chordascheide der Haie begrenzenden äusseren Elastica«.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. Ad. Lieben überreicht zwei von Herrn Professor Dr. Guido Goldschmiedt übersendete Arbeiten aus dem chemischen Laboratorium der k. k. deutschen Universität in Prag:

1. »Über das Scoparin.« (II. Abhandlung), von G. Goldschmiedt und F. v. Hemmelmayr.
2. »Notiz über das Verhalten des Trimethylgallussauren Calciums bei der trockenen Destillation«, von stud. phil. Hugo Arnstein.

Ferner überreicht Herr Hofrath Lieben eine in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeit: »Synthese des Isochinolins und seiner Derivate« I., von Dr. C. Pomeranz.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. V. v. Lang überreicht eine Abhandlung von Herrn Regierungsrath Director Dr. J. M. Eder und E. Valenta in Wien unter dem Titel: »Absorptionsspectren von farblosen und gefärbten Gläsern mit Berücksichtigung des Ultraviolett«.

Herr Prof. Dr. Ed. Lippmann in Wien überreicht eine von ihm in Gemeinschaft mit Herrn F. Fleissner ausgeführte Arbeit: »Über den Einfluss verdünnter Salzsäure auf Chinabasen.«

XIII. SITZUNG VOM 10. MAI 1894.

Die Schriftleitung der 66. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zeigt an, dass diese Versammlung vom 24. bis 30. September l. J. in Wien tagen wird und laden die Mitglieder der kaiserlichen Akademie zur Theilnahme an derselben ein.

Herr Prof. Em. Czuber an der k. k. technischen Hochschule in Wien übersendet eine von dem verewigten w. M. Herrn Hofrath Prof. Emil Weyr entworfene und ihm vor dessen Ableben zur Ausfertigung übertragene Arbeit: »Über einen symbolischen Calcul auf Trägern vom Geschlechte Eins und seine Anwendung«.

Das c. M. Herr Hofrath Prof. E. Ludwig in Wien übersendet folgende zwei Arbeiten aus dem chemischen Laboratorium der k. k. technischen Hochschule in Graz:

1. »Über die Einwirkung des Stickoxydes auf einige Metalle«, von Prof. F. Emich.
2. »Über Stickstoffverbindungen des Mangans«, von O. Prelinger.

Ferner übersendet Herr Hofrath Ludwig eine von den Herren Prof. Dr. J. Mauthner und Prof. Dr. W. Suida ausgeführte Arbeit: »Beiträge zur Kenntniss des Cholesterins (II. Abhandlung)«.

Herr Prof. Dr. G. Haberlandt in Graz übersendet »Anatomisch-physiologische Untersuchungen über das tropische Laubblatt. II. Über wassersecernirende und -absorbirende Organe«.

Herr Prof. Dr. R. v. Lendenfeld in Czernowitz übersendet eine Abhandlung, betitelt: »Eine neue *Pachastrella*«.

Der Secretär legt zwei versiegelte Schreiben behufs Wahrung der Priorität von Herrn Karl Moser in Wien vor, welche folgende Aufschriften führen:

1. »Chemische Mittel zur Vertilgung der Reblaus und anderer schädlicher Insecten.«
2. »Selbstwirkender Sicherheitsbrems-Klotz bei minderem Kraftverbrauch.«

Das c. M. Herr Prof. L. Gegenbauer in Wien überreicht eine Abhandlung, betitelt: »Einige Bemerkungen zum quadratischen Reciprocitätsgesetze«.

Der k. u. k. Linienschiffslieutenant Herr August Gratzl überreicht im Auftrage des k. u. k. Reichs-Kriegs-Ministeriums (Marine-Section) einen Bericht über die im Sommer 1892 auf dem französischen Transportavisodampfer »Manche« unter dem Commando des Linienschiffscapitäns Amédée Bienaymé unternommene Reise von Edinburgh nach Jan Mayen, Spitzbergen und Tromsö, welche den Besuch der ehemaligen österreichischen arktischen Beobachtungsstation im Wilczekthale auf Jan Mayen und die wissenschaftliche Erforschung eines Theiles von Spitzbergen zum Zwecke hatte.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Haberlandt G., Eine botanische Tropenreise, indo-malayische Vegetationsbilder und Reiseskizzen. (Mit 51 Abbildungen.) Leipzig, 1893; 8°.

— Über die Ernährung der Keimlinge und die Bedeutung des Endosperms bei viviparen Mangrovepflanzen. Leyden, 1893; 8°.

XIV. SITZUNG VOM 25. MAI 1894.

Der Secretär legt das erschienene Heft I—III (Jänner bis März 1894) des 103. Bandes, Abtheilung II. b, der Sitzungsberichte vor.

Das c. M. Herr Prof. F. Exner übersendet eine im physikalisch-chemischen Institute der k. k. Universität in Wien ausgeführte Arbeit des Herrn M. v. Smoluchowski, betitelt: »Akustische Untersuchungen über die Elasticität weicher Körper«.

Ferner übersendet Herr Prof. F. Exner eine in demselben Laboratorium ausgeführte Arbeit des Herrn Bruno Piesch, betitelt: »Änderung des elektrischen Widerstandes wässeriger Lösungen und der galvanischen Polarisation mit dem Drucke«.

Das c. M. Herr Hofrath Prof. Dr. A. Bauer übersendet eine Arbeit aus dem Laboratorium für allgemeine und analytische Chemie an der k. k. technischen Hochschule in Wien von dem Assistenten daselbst, dipl. Chemiker Carl Mangold, betitelt: »Einige Beiträge zur Kenntniss der Ricinusöl-, Ricinelaïdin- und Ricinstearolsäure«.

Der Secretär legt eine von Prof. J. V. Janovsky und Herrn K. Hanofsky in Reichenberg eingesendete Abhandlung vor, betitelt: »Analyse des Maffersdorfer Sauerbrunnens«.

Das w. M. Herr k. u. k. Hofrath Director F. Steindachner überreicht eine ichthyologische Abhandlung unter dem Titel: »Ichthyologische Beiträge« (XVII.) und beschreibt in der-

selben einige neue Arten, deren Mehrzahl von Dr. Holub in Südafrika entdeckt wurden.

Das w. M. Herr Hofrath Director A. Kerner v. Marilaun überreicht eine Abhandlung von Dr. Eugen v. Halácsy in Wien, betitelt: »Beitrag zur Flora von Aetolien und Acarnanien«.

Herr J. Liznar, Adjunct der k. k. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus in Wien, überreicht eine Abhandlung betitelt: »Ein Beitrag zur Kenntniss der 26-tägigen Periode des Erdmagnetismus«.

Herr Prof. Dr. J. Schaffer, Assistent am histologischen Institute der k. k. Universität in Wien, überreicht eine zweite vorläufige Mittheilung über den feineren Bau der Thymus, betitelt: »Über die Thymusanlage bei Petromyzon Planeri«.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Chiru C., Canalisation des Rivières et les Irrigations. (Avec la charte hydrographique de la Roumanie.) — (Abhandlung in rumänischer Sprache.) Bukarest, 1893; 8°.

Über die Thymusanlage bei Petromyzon Planeri.

Zweite vorläufige Mittheilung über den feineren Bau der Thymus

von

Josef Schaffer in Wien.

(Mit 1 Tafel.)

Eine Thymus ist bei Cyclostomen zur Zeit noch nicht nachgewiesen.

Die Angabe von Stannius,[1] dass die Thymus der Myxinoiden zuerst von J. Müller aufgefunden und beschrieben worden sei, muss nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen der Thymusentwicklung als eine irrige bezeichnet werden, obgleich dieselbe noch heute in den Lehrbüchern der vergleichenden Anatomie von Gegenbaur und Wiedersheim bei der Angabe der Lage der Thymus bei den Myxinoiden massgebend gewesen zu sein scheint und auch Maurer[2] die Schilderung von Stannius, welche dieser wieder von J. Müller[3] herübergenommen hat, wiedergibt.

---

[1] Handbuch der Anatomie der Wirbelthiere. 1. Buch, die Fische. Berlin, 1854, S. 256.

[2] Schilddrüse und Thymus der Teleostier. — Morph. Jahrb., Bd. XI, 1886, S. 134.

[3] Vgl.: Schluss der vergl. Anatomie der Myxinoiden. — Abhandlg. d. kgl. Akademie d. Wissenschaften zu Berlin, 1843, S. 115.

Dass M. Schulze[1] bei Ammocoetes die Thyreoidea für die Thymus gehalten hat, wurde bereits von Schneider[2] hervorgehoben.

Bekanntlich hat Dohrn[3] vor längerer Zeit Mittheilungen über die Thymus der Cyclostomen in Aussicht gestellt, die jedoch bis heute nicht erschienen sind; auf eine darauf bezügliche Anfrage meinerseits hatte Herr Geheimrath Dohrn die Liebenswürdigkeit, mir brieflich mitzutheilen, dass es nach seiner Meinung bei diesen Thieren schliesslich keine Thymus gibt. Dieselbe Ansicht spricht in neuester Zeit Beard[4] aus, indem er weder bei Petromyzon, noch bei Ammocoetes und sehr jungen Larven an der gewöhnlichen Stelle eine Thymus finden konnte. Nicht mit Unrecht bezeichnet Beard dieses Ergebniss als eine Enttäuschung, da damit die Hoffnung, aus dem Verhalten dieses Organes bei so niederen Thierformen einen Schlüssel für das Verständniss seiner phylogenetischen Bedeutung zu finden, verloren geht.

Mit den vorstehenden Mittheilungen ist der gegenwärtige Stand der Frage nach der Thymus der Cyclostomen so ziemlich erschöpfend gekennzeichnet.

Meine eigenen Untersuchungen über die Thymus der Fische, welche den ersten Theil einer Monographie der Thymus bilden sollen, waren in grossen Umrissen fertiggestellt, als ich an die Untersuchung von Petromyzon ging, nachdem die mächtige Entwickelung der Thymus bei Selachiern es mir als kaum glaublich und schwer verständlich erscheinen liess, dass bei Cyclostomen dieses Organ spurlos vermisst werden solle. Diese Untersuchungen haben auch zu einem befriedigenden

---

[1] Die Entwicklungsgeschichte von Petromyzon Planeri. — Naturk. Verhand. van de Hollandsche Maatschappij d. wetensch. te Haarlem, II. Verzam. 1856.

[2] Beiträge zur vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Wirbelthiere. — Berlin, 1879.

[3] Studien zur Urgeschichte des Wirbelthierkörpers. IV. 5. Entstehung und Bedeutung der Thymus der Selachier. — Mitth. aus der zoolog. Station zu Neapel, 5. Bd., 1884, S. 146 u. f.

[4] The development and probable function of the thymus. — Anat. Anz. IX. Bd., 1894, Nr. 15.

Ergebnisse geführt, indem es mir nach einigen vergeblichen Versuchen in der That gelungen ist, zunächst auch bei Ammocoetes ein der Thymus der übrigen Fische homologes Organ nachzuweisen.

In den folgenden Zeilen soll demnach eine kurze Schilderung der Thymusanlage, wie ich sie bei jungen Ammocoeteslarven (5·1 *cm* Länge) gefunden habe, gegeben werden.

Verfolgt man die Querschnittserie einer solchen Larve von der Herzgegend ausgehend kopfwärts, so erscheint der Querschnitt des Thieres nicht rein oval oder eiförmig, wie im Bereiche des Rumpfes, sondern zu beiden Seiten etwas unter der medianen Horizontalebene durch eine mehr minder tief einspringende Rinne unterbrochen (Fig. 1, *R*); es ist dies die Längsfurche, in welche die äusseren Kiemenöffnungen ausmünden. Zwischen zwei Kiemenöffnungen wird diese Rinne weniger tief, schlitzförmig, so dass sich die Oberflächen des auskleidenden Epithels der Epidermis berühren, die scharf ausgeprägte Cutislamelle jedoch sich ebenfalls einsenkt und die nach innen vorspringende Rinne ohne Unterbrechung überzieht. Diese ganze Configuration ist wahrscheinlich durch die Schrumpfung bei Alkoholhärtung wesentlich beeinflusst.

Nähert man sich der Kiemenöffnung, so wird die Rinne tiefer, die Ränder derselben wulsten sich vor, so dass der Boden der Rinne verbreitert erscheint (Fig. 1); an der Übergangsstelle des convexen Randes in den Boden (Fig. 2, *ü*) wird das geschichtete Epithel niedriger, während die Cutislamelle, *C*, beträchtlich dünner wird und endlich verschwindet. Der Boden der Rinne wird in der Umgebung der Kiemenöffnung von einem kurzen, bogenförmig von oben nach unten verlaufenden, mit seiner Convexität nach innen gerichteten Muskelbündel (*mk*) umfasst, dessen Fasern sich theils an das subcutane Bindegewebe des oberen und unteren Rinnenrandes, theils an das Perichondrium der die Kiemenöffnung hufeisenförmig umgebenden Längs- und Querstäbe des Kiemenkorbes (*Kl*) ansetzen; es ist dies der Schliessmuskel der äusseren Kiemenöffnung. An noch weiter nach vorne gelegenen Schnitten (Fig. 2) sieht man von den oberen und unteren, inneren Rändern der Rinne zwei klappenförmige Hautlamellen (*K*) vorspringen, welche sich bald

vereinigen und so einen röhrenförmigen Raum abschliessen, die nach hinten gerichtete äussere Kiemenöffnung (Fig. 3, *Kö*). Am Querschnitte besitzt jetzt die Rinne einen doppelten Boden; der äussere ist die Klappe (*K*), deren äusseres, abgeflachtes Epithel direct in das geschichtete der Epidermis übergeht, während der innere von der ursprünglichen Einsenkung des Ectoderms, das weiterhin in das Entoderm des Kiemensackes übergeht, dargestellt wird. Die obere und untere Kante der Rinne wird von den Querschnitten der Knorpellängsstäbe (*Kl*), an welche sich die Durchschnitte der mächtigen Jugularvene (*Vj*) anschliessen, begrenzt, während sich an die innere Wand des röhrenförmigen Querschnittes der äusseren Kiemenöffnung die Fasern der äusseren Partie des Constrictors der Kiemensäcke (*mc*) anlegen. Das Epithel der inneren Klappenoberfläche ist einschichtig, flach und geht direct in den niedrigen, geschichteten Ectodermüberzug der inneren Wand der Kiemenöffnung über (Fig. 3).

Etwas weiter nach vorne (Fig. 4) wird die Klappenwand dicker und in ihr erscheinen die quer und schräg getroffenen Muskelfasern des Klappenmuskels (Fig. 4, *Km* und Fig. 6), während das Epithel am oberen und unteren Rande der Kiemenöffnung höher, cylindrisch wird, indem es in das Entoderm des Kiemensackes übergeht. Dabei legen sich die beiden Epithellagen zu einem kurzen Stiele zusammen, in welchen sich die Höhlung der äusseren Kiemenöffnung fortsetzt (Fig. 4, *st*, ebenso Fig. 5 und 6).

Dieser hohle, von cylindrischem Epithel gebildete Stiel schiebt sich nun zwischen den Querschnitt des Knorpellängsstabes (*Kl*) und den Fasern des Constrictors (*mc*) nach auf- und abwärts und an denselben setzt sich an weiter nach vorne gelegenen Schnitten (Fig. 5 und 6) eine ziemlich mächtige, knospenförmige Verdickung dicht- und rundzelligen Gewebes an, dessen Elemente direct in das Cylinderepithel des Stieles überzugehen (Fig. 5, *Thd*, Fig. 6, *Thd* und *Thv*) scheinen.

Diese Knospen besitzen eine leicht höckerige Oberfläche und werden nach aussen scharf begrenzt von einer faserigen Kapsel, welche sie von dem Gallertgewebe unter der Seitenrumpfmusculatur trennt und direct übergeht in das Perichon-

drium der Knorpelstäbe (Fig. 6, *Ks*). Nach oben, beziehungsweise unten stösst die Knospe direct an die V. jugularis (Fig. 6, *Vj*), während nach innen zu die Begrenzung keine so scharfe ist, sondern das umhüllende Gewebe direct in das Perimysium des Constrictors übergeht. Verfolgt man die innere Fläche der Knospe noch weiter nach vorne, so scheint sie direct in das Epithel des Kiemensackes, und zwar in das der Vorkammer (Fig. 6, *VK*) desselben überzugehen.

An dem in Fig. 6 abgebildeten Querschnitte durch die sechste Kiemenöffnung mass die dorsale Knospe 0·156 *mm* in der grössten Breite, 0·375 in der Höhe und liess sich durch zwölf Schnitte craniocaudalwärts verfolgen, was bei 10 μ Schnittdicke einen Längsdurchmesser von 0·12 *mm* ergibt. Für die ventrale Knospe stellten sich dieselben Dimensionen auf 0·218 *mm*, 0·312 *mm* und 0·2 *mm*.

Was den feineren Bau dieser Knospen anlangt, so gestattet mir die mangelhafte histologische Conservirung (Alkohol) vorläufig nur folgende Bemerkungen zu machen: Von der Kapsel dringen feine Bindegewebsbälkchen in das Innere ein, welche ein spärliches, reticulumartiges Stützgerüst für die zelligen Elemente bilden. Diese selbst sind kleine Rundzellen von lymphoidem Aussehen, kaum wahrnehmbarem Protoplasma, stark färbbarem Kern und Kerngerüst. Zwischen denselben finden sich ausserdem grössere, blasse Kerne mit deutlicher Kernmembran und Kernkörperchen, welche dem Stützgewebe anzugehören scheinen und rothe Blutkörperchen, von denen ich noch nicht sagen kann, ob sie frei zwischen den lymphoiden Zellen liegen oder eingeschlossen in Capillaren.

Die lymphoiden Zellen sind wahrscheinlich Abkömmlinge des Kiemenepithels, wie ihr directer Übergang in das letztere vermuthen lässt.

Kann schon auf Grund des geschilderten Baues, des unmittelbaren Zusammenhanges mit dem Epithel der Kiemenhöhle und der directen Nachbarschaft der V. jugularis kein Zweifel über die Natur dieser knospenförmigen Gebilde obwalten, so wird die Berechtigung, dieselben als Thymusknospen aufzufassen, vollauf erwiesen durch den Umstand, dass diese Gebilde sich in branchiomerer Anordnung, also an allen sieben

Kiemensäcken vorfinden, wenngleich es mir schien, als ob die Knospen der vordersten Kiemensäcke schwächer entwickelt wären.

Wir finden also bei jungen Ammocoeteslarven von der Schleimhaut sämmtlicher sieben Kiemensackvorkammern jeder Seite ausgehende knospenartige Wucherungen, welche in ihrer Form, sowie im feineren Bau die grösste Ähnlichkeit mit den Thymusanlagen älterer Rochenembryonen besitzen. Während jedoch bei den Selachiern und übrigen Fischen solche Wucherungen nur an den dorsalen Commissuren der Kiemenspalten in Bezug auf die mediane Sagittalebene bilateral symmetrisch entstehen, findet bei Ammocoetes eine solche Entwickelung auch in Bezug auf eine horizontal durch die Kiemensäcke gelegte Medianebene bilateral symmetrisch statt. Wir haben demnach hier die grösste Anzahl von Thymusanlagen, nämlich 28 zu verzeichnen, während bisher nach Dohrn bei Heptanchus, abgesehen von den zweifelhaften Thymusanlagen an der Spiracular- und Mundspalte, 14 das Maximum bildeten. Über das spätere Verhalten dieser Thymusanlagen bei Petromyzon soll in der ausführlichen Mittheilung gehandelt werden, in welcher vielleicht noch ein oder das andere Detail der vorstehenden Schilderung eine Ergänzung oder Berichtigung erfahren wird.

Der Grund, warum die Thymus der Cyclostomen bisher übersehen wurde, scheint mir in der Methodik der Untersuchung gelegen. Die unmittelbare Nachbarschaft der grossen Gefässe und sinuösen Bluträume konnte leicht zu einer Verwechslung mit denselben führen, wenn die Blutkörperchen nicht durch eine Färbung des hämoglobinhältigen Protoplasmas von den übrigen kernhaltigen Rundzellen unterschieden waren.

Eine solche Unterscheidung wird leicht an Präparaten, die mit Haemalaun und Eosin doppelt gefärbt sind, an welchen die den Kiemensäcken unmittelbar aufliegenden, prall mit Blut gefüllten Blutsinuse von der ebenfalls dicht- und rundzelligen Thymusanlage sich deutlich unterscheiden. An mit Carmin oder Cochenillealaun gefärbten Schnitten, von denen ich eine Serie meines verehrten Collegen Prof. F. Hochstetter durchsehen

konnte, ist diese Unterscheidung viel schwerer, und dieser Umstand mag wohl das lange Verborgenbleiben der Thymus der Cyclostomen erklären.

Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Figuren beziehen sich auf einen (im gehärteten Zustande) 5·1 *cm* l. Ammocoetes von Petromyzon Planeri, der in Alkohol gehärtet, mit Haemalaun (Paul Mayer) — Eosin durchgefärbt und zu einer Paraffinserie verarbeitet worden war.

Für sämmtliche Figuren giltige Bezeichnungen:

C Cutis.
E Epidermis.
K Klappe der äusseren Kiemenöffnung.
Kl Knorpellängsstab des Kiemenkorbes.
Km Klappenmuskel.
Kö äussere Kiemenöffnung.
M Leibesmusculatur.
mc Musculus constrictor der Kiemensäcke.
mk Schliessmuskel der Kiemenöffnung.
R Seitenfurche, in welche die äusseren Kiemenöffnungen ausmünden.
st Epithelstiel der Thymusknospe.
Thd dorsale Thymusknospe.
Thv ventrale Thymusknospe.
Vj Vena jugularis (beziehungsweise V. cardinalis anterior).

Fig. 1. Querschnitt hinter dem letzten, äusseren Kiemenloch in der Herzgegend, um die Furche *R* der äusseren Kiemenöffnungen zu zeigen. *H* Herz, *Ch* Chorda, *Rm* Rückenmark, *Kqa* Querstab des Kiemenkorbes. Vergr. 12.

Der auf der Fig. abgegrenzte Bezirk um die rechte (in der That linke) Furche ist es, welcher in den folgenden Figuren bei etwas stärkerer Vergrösserung in verschiedenen, kopfwärts auf einander folgenden Schnittebenen wiedergegeben wurde, um die nach rückwärts gerichtete Ausmündung eines (des letzten) Kiemensackes zu zeigen.

» 2. Die in Fig. 1 umschriebene Gegend um 15 Schnitte i. e. 150 μ weiter kopfwärts. Auftreten der äusseren Klappe an der Übergangsstelle *ü*. Vergr. 35.

» 3. Um zwei Schnitte weiter kopfwärts, als Fig. 2. Verschluss der Klappenränder zum Doppelboden der Rinne. Vergr. 35.

Fig. 4. Um vier Schnitte weiter, als Fig. 3; Bildung des epithelialen Stieles der Thymusknospe. Vergr. 35.

» 5. Um vier Schnitte weiter als Fig. 4; Ansatz der dorsalen Thymusknospe, Hals der ventralen. Vergr. 35.

» 6. 86 Schnitte i. e. 0·86 *mm* weiter kopfwärts, als Fig. 5. Querschnitt durch die Thymusknospen des sechsten Kiemensackes. *BS* Blutsinus, *VK* Vorkammer des Kiemensackes, *ks* Bindegewebskapsel der Thymusknospen. Vergr. 56.

J. Schaffer: Thymusanlage bei Petromyzon Planeri. Taf. I.

Autor del. Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien

Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Classe, Bd. CIII Abth. III. 1894.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

CIII. BAND. VI. HEFT.

ABTHEILUNG III.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN UND DER THIERE, SOWIE AUS JENEM DER THEORETISCHEN MEDICIN.

XV. SITZUNG VOM 7. JUNI 1894.

In Verhinderung des Herrn Vicepräsidenten übernimmt Herr k. und k. Intendant Hofrath Ritter v. Hauer den Vorsitz.

Der Secretär legt das erschienene Heft I—II (Jänner und Februar 1894) des 103. Bandes, Abtheilung II. a, der Sitzungsberichte vor.

Das w. M. Herr k. u. k. Hofrath Director F. Steindachner übersendet im Auftrage Ihrer königlichen Hoheit der durchlauchtigsten Frau Prinzessin Therese in Baiern eine »Vorläufige Mittheilung über einige neue Fischarten aus den Seen von Mexico«.

Herr Prof. Dr. V. Hilber an der k. k. Universität in Graz übersendet die Ergebnisse seiner im Auftrage der kaiserl. Akademie 1893 unternommenen Reise als vorläufige Mittheilung unter dem Titel: »Reise in Nordgriechenland und Makedonien«.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

1. »Über das Spectrum des Kaliums, Natriums und Cadmiums bei verschiedenen Temperaturen«, von Regierungsrath Director Dr. J. M. Eder und Herrn E. Valenta in Wien.
2. »Zur Einwirkung der Anilinbasen auf Benzoin«, von Dr. Br. Lachowicz in Lemberg.

Ferner legt der Secretär zwei versiegelte Schreiben behufs Wahrung der Priorität vor, und zwar:

1. Von den Herren Adam Walcz und Henryk Olechowski in Lemberg, welches angeblich die Skizze einer Abhandlung über eine technische Erfindung enthält;
2. von Herrn Carl Moser in Wien mit der Aufschrift: »Selbstwirkende Regulatorbremse«.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. J. Wiesner übergibt unter dem Titel: »Vergleichende physiologische Untersuchungen über die Keimung europäischer und tropischer Arten von *Viscum* und *Loranthus*« die vierte »pflanzenphysiologische Mittheilung aus Buitenzorg«.

Herr Prof. Dr. Oscar Simony überreicht eine von Herrn Dr. E. Suchanek in Wien ausgeführte Arbeit: »Über die dyadische Coordination der bis 100.000 vorkommenden Primzahlen zur Reihe der ungeraden Zahlen«.

XVI. SITZUNG VOM 14. JUNI 1894.

Der Secretär legt das erschienene Heft I—III (Jänner bis März 1894) des 103. Bandes, Abtheilung I, der Sitzungsberichte vor.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. V. v. Ebner übergibt eine Abhandlung: »Über eine optische Reaction der Bindesubstanzen auf Phenole«.

Das w. M. Herr Director E. Weiss überreicht eine Abhandlung vom Adjuncten der Prager Sternwarte Dr. R. Spitaler unter dem Titel: »Bahnbestimmung des Kometen 1851 III«.

Der Secretär Hofrath Director J. Hann überreicht eine Abhandlung: »Die tägliche Periode der Windgeschwindigkeit auf dem Sonnblickgipfel und auf den Berggipfeln überhaupt«.

Über eine optische Reaction der Bindesubstanzen auf Phenole

von

Victor v. Ebner,

w. M. k. Akad.

Bei einer histologischen Untersuchung der Chordascheiden der Cyclostomen benützte ich zum Studium der Faserung das polarisirende Mikroskop. Dabei fiel mir auf, dass Querschnitte der Faserscheide, welche sich normaler Weise wie ein doppelbrechendes Havers'sches Lamellensystem eines Knochenquerschnittes verhalten, eine totale Umkehrung der Doppelbrechung erleiden, sobald die in Alkohol liegenden Schnitte mit Nelkenöl aufgehellt werden.

Da ich mich nicht erinnerte jemals eine ähnliche Erfahrung an echtem leimgebendem Bindegewebe gemacht zu haben, obwohl ich Nelkenöl schon oft zum Zwecke von Untersuchungen mit dem Polarisationsmikroskope angewendet hatte, glaubte ich anfänglich eine Eigenthümlichkeit des Fasergewebes der Cyclostomenchorda vor mir zu haben. Sofort vorgenommene Versuche zeigten aber, dass das von mir gegenwärtig benützte doppelt raffinirte I^{a}. Nelkenöl von Dr. Grübler in Leipzig auch an typischem Bindegewebe eine Umkehrung der natürlichen positiven Doppelbrechung in eine negative bewirkt, während gewöhnliches — von zwei verschiedenen Firmen bezogenes — Nelkenöl zwar eine geringe Verminderung der positiven Doppelbrechung aber durchaus nicht eine Umkehrung derselben hervorrief. Die Umkehrung der Doppelbrechung mit dem reinen Nelkenöle wurde erzielt an Sehnen (Frosch, Maus), an Schnitten der Haut, an serösen Häuten (Netz, Mesenterium) an der Sclera

und an der Substantia propria Corneae, an Hyalinknorpeln (Rippenknorpel vom Kinde) und an Schnitten von Knochen, welche in salzsäurehaltiger Kochsalzlösung entkalkt waren und an Schnitten des ebenso behandelten Zahnbeines, also an allen typischen leimgebenden Bindesubstanzen. Die Umkehrung der Doppelbrechung gelingt vollständig nur, wenn die Schnitte vorher in Alkohol sorgfältig entwässert wurden; bringt man das reine Nelkenöl direct auf an der Luft getrocknete Bindegewebsbündel, so bleibt die positive Doppelbrechung erhalten.

Unvollständig in Alkohol entwässerte Fasermassen zeigen nach der Aufhellung in Nelkenöl theilweise positive neben negativen Färbungen. Die Umkehrung der Doppelbrechung wurde mit Hilfe der Gypsplatte Roth I. O. bei gekreuzten Nicols constatirt. An dünnen Querschnitten der Faserscheide der Chorda und von Havers'schen Ringsystemen von Knochen ist die Umkehr der Doppelbrechung sofort auffallend; die Quadranten, welche zuerst in steigender Farbe blau gefärbt erscheinen, sind nach der Aufhellung in sinkender Farbe gelb gefärbt und die vorher gelben Quadranten in steigender Farbe blau. Bei dickeren Objecten dauert der Process der Umkehr längere Zeit, und es zeigt sich an solchen, dass die Doppelbrechung schliesslich in negativem Sinne fast ebenso stark ist, als vorher in positivem Sinne. So zeigte z. B. eine Fingersehne des Frosches in Alkohol ohne Gypsplatte zwischen gekreuzten Nicols Roth I. O. Nach 24stündigem Liegen in Nelkenöl wiederum Roth I. O, aber nun in negativem Sinne. Ein Längsschnitt eines entkalkten Radius vom Menschen zeigte in Alkohol an der dicksten Stelle + Himmelblau II. O. Nach dreistündigem Liegen in Nelkenöl —Roth I. O. Wäscht man die Präparate in Alkohol aus, so zeigen sie wieder die ursprüngliche positive Farbe, wie sie vor dem Versuche vorhanden war. Das Nelkenöl bewirkt weder Quellung noch irgend eine eingreifende Veränderung des Gewebes. Von der Thatsache, dass bei dieser Einwirkung des Nelkenöles thatsächlich die vorher positiv doppelbrechenden leimgebenden Bindesubstanzen in negativ einaxige umgewandelt werden, überzeugt man sich am bequemsten an Querschnitten von Röhrenknochen und an solchen der Lederhaut, an welchen neben der Länge nach

getroffenen Faserzügen und Bündeln immer auch reine Querschnitte von solchen zu sehen sind. Die letzteren bleiben nach wie vor zwischen gekreuzten Nicols neutral, was beweist, dass die optische Axe ihre Richtung bewahrt.

Es schien nun vor Allem von Interesse zu versuchen, ob unter den in der Mikroskopie angewendeten aufhellenden Flüssigkeiten sich ausser dem Nelkenöle auch noch andere finden, welche wie das Nelkenöl die Doppelbrechung der leimgebenden Gewebe umkehren.

Zunächst wurden versucht: Terpentinöl, Origanumöl, Bergamottöl, Cedernöl, Anisöl, Zimmtöl, ferner Kreosot und sogenannte flüssige Carbolsäure. Dabei zeigte sich, dass Zimmtöl, etwas schwächer als Nelkenöl, ebenfalls negative Doppelbrechung hervorrief, während die anderen ätherischen Öle die positive Doppelbrechung entweder nicht änderten, oder, wie das Terpentinöl, nur etwas verminderten. Dagegen bewirkten Kreosot und sogenannte flüssige Carbolsäure eine energische negative Doppelbrechung.

Sowohl Kreosot, als Carbolsäure lassen aber die leimgebenden Gewebe nicht intact, Sehnen quellen bald und verlieren dann die Doppelbrechung ganz; entkalkte Knochen sind widerstandsfähiger, allein auch diese werden etwas verändert, und nach dem Auswaschen in Alkohol kehrt die ursprüngliche positive Doppelbrechung nicht mehr vollständig in der ursprünglichen Stärke wieder. Im übrigen sind die Versuche mit Kreosot und Carbolsäure bequemer auszuführen, da eine vorausgehende sorgfältige Entwässerung in Alkohol, wie sie für das Gelingen der Versuche mit Nelkenöl nothwendig ist, nicht in Betracht kommt.

Da die sogenannte flüssige Carbolsäure sehr rasch und energisch die Umkehrung der Doppelbrechung bewirkt, wurden nun vorzüglich mit dieser Versuche angestellt, ob ausser den leimgebenden Geweben auch noch andere dieselbe optische Veränderung erleiden. Elastische Fasern des Nackenbandes vom Ochsen sind an Alkoholpräparaten schwach positiv doppelbrechend, dasselbe ist der Fall bei den elastischen Faserzügen in der Intima der Arterien. Diese elastischen Fasern wurden nun mit flüssiger Carbolsäure deutlich negativ doppelbrechend

auch dann, wenn vorher die spärlich vorhandene leimgebende Substanz durch Essigsäure zur Qellung gebracht und dadurch optisch unwirksam geworden war. Dagegen zeigte die gefensterte Innenhaut einer Arteria plantaris pedis vom Kalbe in Alkohol keine Spur von Doppelbrechung, und nach der Behandlung mit Carbolsäure zeigte sich derselbe Befund. Elastische Substanz zeigt also ein verschiedenes Verhalten, je nach der Form, in welcher sie auftritt.

Die Linsenkapsel der Säugethierauges ist im natürlichen Zustande negativ doppelbrechend. Durch Carbolsäure wird die Doppelbrechung positiv.

Quergestreifte Muskelfasern, glatte Muskelbündel und thierische Haare behalten ihre positive Doppelbrechung sowohl in Carbolsäure als in Nelkenöl. Auch an Schnitten von einem menschlichen Nagel konnte durch Carbolsäure keine Veränderung der Doppelbrechung bewirkt werden.

Dagegen erleiden Chitinbildungen eine Umkehr der Doppelbrechung. Chitinsehnen aus dem Oberschenkel einer Heuschrecke *(Locusta viridissima)* zeigen in Alkohol eine schwache positive Doppelbrechung. Durch Carbolsäure kehrt sich die Doppelbrechung in eine deutlich negative um. Die Cuticula der Oberhaut einer grösseren Sphinxraupe zeigt, nach Entfernung der oberflächlichen, von krystallartigen Stäbchen durchsetzten Schichte, in Alkohol deutliche negative Doppelbrechung, d. h. in der Flächenansicht ist die Cuticula optisch unwirksam; an Falten und am Querschnitte erhöht sie die Farbe des Gypsgrundes, wenn der Schnitt, beziehungsweise die Falte in der Richtung der ersten Mittellinie der Gypsplatte orientirt sind, und erniedrigt sie bei dazu senkrechter Stellung. Da in dem letzteren Falle die optische Axe der Substanz der ersten Mittellinie der Gypsplatte parallel steht, folgt daraus der optisch negative Charakter dieser Cuticula. Durch Zusatz von Carbolsäure werden die Erscheinungen total umgekehrt, also in diesem Falle die optisch negative Substanz in eine optisch positive umgewandelt. Entsprechende Erscheinungen gab der hintere Flügel einer *Locusta viridissima.* Die Wandungen des Flügelgeäders erhöhten in Alkohol die Farbe des Gypsgrundes, wenn die Adern der ersten Mittellinie parallel standen, und wirkten

entgegengesetzt bei dazu senkrechter Stellung. Die eigentliche Cuticula des Flügels verhielt sich wie im früheren Falle. Durch Carbolsäure wurden wiederum die Färbungen in die entgegengesetzten verwandelt. Eine Umkehrung der Doppelbrechung wurde ferner bei den Sponginfasern des Badeschwammes erzielt. Endlich wurde eine deutliche Umkehrung der Doppelbrechung bei künstlich fibrillär und damit gleichzeitig positiv doppelbrechend gemachtem thierischen Schleime[1] beobachtet.

Dagegen blieb die ursprüngliche Doppelbrechung vollständig erhalten bei Seide, ferner bei Stärkekörnern, Holz, Bastfasern, Baumwolle und Kork. Doppelbrechende Stücke trockener Gelatinlamellen behalten ihre Doppelbrechung in Nelkenöl und in Carbolsäure. In Wasser gequollene Leimstücke werden in Carbolsäure trüb und undurchsichtig und zerfliessen endlich in eine schleimige Masse. Die Versuche mit Leim ergaben also ein Resultat, das keine bestimmte Deutung für die vorliegende Frage zulässt. Bemerkenswerth ist noch, dass roth gegerbtes Leder sowohl mit Nelkenöl als Carbolsäure, wenn auch viel langsamer als frisches Bindegewebe, eine Umkehrung der Doppelbrechung zeigt. Dagegen gelang der Versuch mit weiss gegerbtem Leder nur mit Carbolsäure, nicht aber mit Nelkenöl.

Aus diesen Versuchen geht zunächst die bemerkenswerthe Thatsache hervor, dass keineswegs beliebige organisirte oder quellungsfähige doppelbrechende Substanzen eine Umkehrung der Doppelbrechung durch die genannten Reagentien erfahren.

Anfänglich war ich geneigt, die in Rede stehende optische Reaction mit einer bestimmten Structur, und zwar mit der fibrillären Structur in Zusammenhang zu bringen. Dafür schien zu sprechen, dass sämmtliche leimgebende Gewebe einen fibrillären Bau zeigen und dass auch künstlich fibrillär gemachter thierischer Schleim die Reaction zeigt. Auch die Thatsache, dass Chitinsehnen und Sponginfasern eine Umkehrung der Doppelbrechung ergeben, liesse sich mit dieser Vorstellung in Einklang bringen. Für die Sponginfasern ist allerdings der fibrilläre Bau nicht mit Sicherheit nachgewiesen. Oscar Schmidt und Hyatt behaupten zwar, dass die Fasern der Hornschwämme

[1] Vergl. Ebner: Untersuchungen über die Ursachen der Anisotropie organisirter Substanzen. Leipzig, 1882, S. 227.

aus parallelen Fibrillen sich aufbauen; Koelliker und F. E. Schulze[1] konnten dies aber nicht bestätigen und nur eine Schichtung von übereinander liegenden Lamellen nachweisen. Nach eigenen Untersuchungen muss ich F. E. Schulze so weit beistimmen, dass der Längsaxe der Faser parallele Fibrillen sicher nicht vorhanden sind; dagegen lassen in Alkohol zerzupfte Fasern eine Zusammensetzung der Lamellen aus schräg gekreuzten Fibrillen erkennen.

Ist nun schon bei den Sponginfasern die fibrilläre Structur bestritten, so ist es vollständig zweifellos, dass die elastischen Fasern keinen fibrillären Bau haben, und auch in der Chitincuticula der Oberhaut einer Schmetterlingsraupe können Fibrillen nicht sicher nachgewiesen werden.

Auf der anderen Seite zeigen Gewebe von ausgezeichnet fibrillärem Baue, wie die quergestreiften und glatten Muskelfasern, ferner die Fasersubstanz der Wirbelthierhaare keine Umkehrung der Doppelbrechung. Es kann also kein Zweifel sein, dass die besprochene optische Reaction nicht in erster Linie mit der besonderen histologischen Structur, sondern mit der chemischen Beschaffenheit der Gewebe zusammenhängt. Leimgebende Substanz, Elastin, Chitin, Spongin sind charakteristisch für die Gewebe, welche durch die genannten Reagentien eine Umkehrung der Doppelbrechung erleiden, und ausserdem gelang die Reaction mit thierischem Schleim. Dagegen zeigen Gewebe, welche vorzüglich aus Hornsubstanz, aus Eiweisskörpern (Muskeln), aus Fibroin (Seide) und endlich aus Amylum und Cellulose bestehen, die Reaction nicht.

Nachdem die Versuche so weit geführt waren, schien es von Interesse, statt der unreinen Reagentien chemisch reine Präparate anzuwenden. Es lag die Vermuthung nahe, dass die besprochene Reaction den in den wirksamen Flüssigkeiten enthaltenen phenolartigen Verbindungen zuzuschreiben sei. Flüssige Carbolsäure besteht vorzüglich aus Benzophenol [C_6H_5OH], Buchentheerkreosot grösstentheils aus Guajakol [$C_6H_4—OCH_3—OH$] und Kreosol [$C_6H_3CH_3OCH_3OH$] und das rectificirte schwere Nelkenöl vorwiegend aus Eugenol [$C_6H_3C_3H_5OCH_3OH$].

1 Zeitschrift für wissensch. Zoologie, Bd. XXXII (1879), S. 630 u. ff.

Es wurden nun Versuche mit chemisch reinem Benzophenol und mit Resorcin [$C_6H_4(OH)_2$], mit letzterem als zweiwerthigem Phenole gemacht. Herr College H. Weidel, welcher mich bei diesen Untersuchungen mit Rath und That förderte, hatte die besondere Güte, mir diese und andere Phenole und Phenolderivate in chemisch reinem Zustande zur Verfügung zu stellen, wofür ich demselben an dieser Stelle den besten Dank auszusprechen mich verpflichtet fühle.

Benzophenol kam zunächst in alkoholischer, Resorcin in wässeriger Lösung zur Anwendung. Die Phenolkrystalle wurden in eine eben zur Lösung hinreichenden Menge Alkohol gebracht. Diese Lösung wirkte ganz ähnlich wie flüssige Carbolsäure; die negative Doppelbrechung von entkalkten Knochenschnitten war in derselben stärker, als die ursprüngliche positive. Bei zunehmender Verdünnung mit Alkohol wurde die Wirkung allmälig schwächer, und wenn mehr als etwa die Hälfte Alkohol zu der concentrirten Lösung zugesetzt war, trat keine negative Doppelbrechung mehr auf.

Die Wirkung der gesättigten wässerigen Resorcinlösung ist relativ schwächer als jene des Benzophenols und wie bei flüssiger Carbolsäure mit Quellung verbunden. Sehnen werden bald desorganisirt und verlieren jede Spur von Doppelbrechung. Verdünnt man aber die gesättigte Resorcinlösung zur Hälfte mit Wasser, so bleibt die fibrilläre Structur der Sehne erhalten und dieselbe wird nach mehreren Stunden deutlich negativ doppelbrechend. Alkoholische concentrirte Resorcinlösung ruft energische negative Doppelbrechung hervor.

Da reines Phenol nur in 15 Theilen Wasser löslich ist, so schien zu erwarten, dass wässerige Lösungen nicht wirksam sein werden. Trotzdem bewirkte gesättigte wässerige Phenollösung an Knochenschnitten deutliche negative Doppelbrechung und bewahrte diese Wirkung noch nach der Verdünnung mit Wasser, wenn auch in weit schwächerem Grade.

Unter den früher angeführten ätherischen Ölen befinden sich solche, welche nur Kohlenwasserstoffe (Terpene) enthalten, wie das Terpentinöl und Bergamottöl, während das Anisöl, das nicht rectificirte Nelkenöl, das Cedern- und Origanumöl Gemische von sauerstoffhaltigen Benzolderivaten und Terpenen sind, das

Zimmtöl endlich ein nur sauerstoffhaltiges Öl, das vorzüglich Zimmtaldehyd C_6H_5—C_3H_3O enthält, darstellt. Es lag nun die Vermuthung nahe, dass die aus Terpenen und sauerstoffhaltigen aromatischen Verbindungen gemischten Öle nur desshalb nicht dieselbe Wirkung wie rectificirtes Nelkenöl haben, weil sie mit Terpenen gemischt sind. In der That hebt schon eine verhältnissmässig geringe Beimischung von Terpentinöl zu rectificirtem Nelkenöle die besprochene optische Wirkung des letzteren auf. Origanumöl enthält Karvakrol, welches mit dem Thymol $C_6H_3CH_3C_3H_7OH$ isomer ist. Es wurde nun reines Thymol in wenig Alkohol gelöst. Diese alkoholische Thymollösung bewirkte aber durchaus nicht eine negative Doppelbrechung von Sehnen und Knochen, woraus hervorgeht, dass keineswegs alle phenolartigen Verbindungen die besprochene Wirkung haben.

Es wurde nun eine ganze Reihe von aromatischen Verbindungen, theils reine Kohlenwasserstoffe, theils andere Verbindungen, vorzüglich aber Phenole und deren Derivate untersucht.

Im Folgenden sind die Resultate, welche mit verschiedenen aromatischen Verbindungen erhalten wurden, übersichtlich zusammengestellt, und zwar nach der Wirkung, welche bei Behandlung entkalkter Knochenschnitte mit den betreffenden Reagentien eintrat.

Diejenigen Reagentien, welche mit fetter Schrift hervorgehoben sind, waren im Laboratorium Prof. Weidel's rein dargestellt, die übrigen wurden von chemischen Fabriken bezogen und nicht weiter auf ihre Reinheit geprüft. Der Übersichtlichkeit wegen wurden auch die früher erwähnten Reagentien, welche, wie die ätherischen Öle, Gemische sind, in das nachstehende Verzeichniss aufgenommen.

I. Die Doppelbrechung wird stark negativ:

1. **Benzophenol** in wässeriger und in alkoholischer Lösung. In concentrirter Lösung mit merklicher Quellung, in etwas verdünnter Lösung ohne Quellung.

2. **Brenzkatechin (Orthodioxybenzol)** in wässeriger und alkoholischer Lösung. Bewirkt starke Quellung und färbt die Schnitte dunkel blauschwarz. Wirkt schwächer als Benzophenol und Resorcin.

3. **Resorcin (Metadioxybenzol)** zeigt unter den drei typischen zweiwerthigen Phenolen die stärkste Wirkung. Bewirkt in alkoholischer und wässeriger concentrirter Lösung Quellung; in verdünnten Lösungen jedoch nicht mehr; ruft aber auch in diesen noch deutliche negative Doppelbrechung hervor.

4. **Metaoxybenzoësäure.** In alkoholischer Lösung ohne Quellung. Concentrirte Lösung, zur Hälfte mit Alkohol verdünnt, macht die Schnitte fast neutral. Wässerige Lösung unwirksam.

5. **Paraoxybenzoësäure.** Wirkt ähnlich, aber noch stärker wie die vorhergehende. Gesättigte alkoholische Lösung, zur Hälfte verdünnt, macht die Schnitte noch deutlich negativ doppelbrechend.

6. Trinitrophenol (Pikrinsäure) in wässeriger Lösung ohne Quellung.

7. Guajakol hellt stark auf und bewirkt mässige Quellung.

8. Metakresol (von Merk in Darmstadt) wirkt stark aufhellend, negative Doppelbrechung sehr stark, stärker als die ursprüngliche positive. Quellung mässig.

9. Metaxylenol (von Merk in Darmstadt) wirkt ähnlich (etwas schwächer) wie das vorhergehende.

10. Kreosol wirkt ähnlich wie das vorhergehende.

11. Kreosot.

12. Nelkenöl (von Grübler in Leipzig).

13. Bittermandelöl (Benzaldehyd).

14. Zimmtöl.

II. Die Doppelbrechung wird sehr schwach negativ:

1. **Hydrochinon (Paradioxybenzol)**, in gesättigter alkoholischer Lösung, wirkt unter den drei typischen zweiwerthigen Phenolen am schwächsten. Wässerige Lösung unwirksam. Keine Quellung.

2. **Pyrogallol (1, 2, 3-Trioxybenzol)** in gesättigter, wässeriger Lösung bewirkt merkliche Quellung und intensive Braun- bis Schwarzfärbung. Verdünnte Lösungen bewirken keine negative Doppelbrechung.

3. Käufliche, sogenannte reine Gerbsäure in concentrirter wässeriger Lösung.

III. Die Doppelbrechung wird nahezu auf Null herabgedrückt; es tritt aber keine deutliche negative Doppelbrechung auf:

1. Benzoësäure in concentrirter alkoholischer Lösung.
2. **Orthooxybenzoësäure (Salicylsäure)** ebenso.
3. Phloroglucin (1, 3, 5-Trioxybenzol) ebenso.
4. α-Pthalsäure ebenso.
5. Amidobenzol (Anilin von Grübler in Leipzig).

IV. Die Doppelbrechung wird nicht merklich verändert oder nur wenig schwächer:

Benzol, Toluol, Xylole, Mirbanöl (Nitrobenzol), Hippursäure (in alkoholischer Lösung), Terpentinöl (schwächt), Cedernöl, Bergamottöl, Anisöl, Origanumöl, Diphenylamin (in concentrirter alhoholischer Lösung), Phenylhydrazin (ebenso), Thymol (ebenso), α-Naphtol (schwächt in concentrirter alkoholischer Lösung etwas die Doppelbrechung), Naphtalin (ebenso), Monobromnaphtalin, Alizarin (in concentrirter alkoholischer Lösung färbt die Schnitte stark; trotzdem bleibt die positive Doppelbrechung deutlich erkennbar).

Aus den im Vorstehenden mitgetheilten Beobachtungen ergibt sich, dass vor Allem einwerthige Phenole (Benzophenol, Trinitrophenol, Metakresol, Metaxylenol) energische negative Doppelbrechung hervorrufen, während von den drei typischen Dioxybenzolen nur die Ortho- und die Metaverbindung, nicht aber die Paraverbindung stark wirksam sind. Von den drei einfachen Trioxybenzolen wurden nur zwei untersucht, die beide wenig wirksam sich erwiesen. Von den drei Oxybenzoësäuren wirkt die Paraverbindung am stärksten, etwas weniger die Meta- und fast gar nicht die Orthoverbindung. Ausser Phenolen und Phenolsäuren erwiesen sich auch Öle, welche Aldehyde enthalten (Benzaldehyd im Bittermandelöle, Zimmtaldehyd im Zimmtöle), als sehr wirksam.

Unwirksam oder nur in geringem Grade die positive Doppelbrechung vermindernd sind: Hippursäure, Thymol, α-Naphtol, Alizarin, Diphenylamin, Phenylhydrazin, Nitrobenzol, die Kohlen-

wasserstoffe (Benzol, Toluol, Xylole, Terpene, Naphtalin) und Monobromnaphtalin.

Unter den stark wirksamen Verbindungen finden sich nur Phenole, Phenolsäuren und Aldehyde. Es lässt sich aber nicht behaupten, dass alle phenolartigen Verbindungen wirksam seien, und es könnten erst eingehendere Untersuchungen darüber Aufklärung bringen, welche besondere chemische Structur den betreffenden Verbindungen zukommen muss, um die besprochene Reaction hervorzurufen. Es muss sich hiebei um anscheinend geringe Verschiedenheiten handeln, wie aus der bereits hervorgehobenen Thatsache hervorgeht, dass die drei isomeren Dioxybenzole und die drei isomeren Oxybenzoësäuren in sehr verschiedenem Grade wirksam sind. Unter den Dioxybenzolen zeigt die Metaverbindung die stärkste, die Paraverbindung die schwächste Wirkung; unter den Oxybenzoësäuren ist dagegen die Paraverbindung die am meisten und die Orthoverbindung die am wenigsten wirksame.

Um nun einen Anhaltspunkt dafür zu gewinnen, ob auch noch andere Stoffe als Verbindungen der Phenolreihe im Stande sind leimgebende Gewebe negativ doppelbrechend zu machen, wurden auf gut Glück gleichsam Stichproben mit zahlreichen Substanzen gemacht. Zu diesen Versuchen wurden ausschliesslich Schnitte entkalkter Knochen verwendet, und zwar aus dem Grunde, weil solche Schnitte auch gegen Reagentien, welche die leimgebenden Gewebe zerstören, viel widerstandsfähiger sind als z. B. Sehnen. Solche das leimgebende Gewebe schliesslich desorganisirende Reagentien bewirken im Anfange meistens eine starke Verdickung des Gewebes in den Richtungen senkrecht zur Faserung und eine mehr weniger ausgiebige Verkürzung in der Richtung der Faser, ein Vorgang, den man kurz als Quellung zu bezeichnen pflegt. Bei Sehnen führt die Quellung meistens sehr rasch zur völligen Vernichtung der Doppelbrechung; bei Knochenlängsschnitten bleibt aber auch bei Anwendung sehr eingreifender Reagentien noch relativ lange Zeit die positive Doppelbrechung, wenn auch in wesentlich vermindertem Grade erhalten. In der folgenden Aufzählung bedeutet st. Q. nach dem Namen des Reagens, dass dasselbe starke Quellung hervorruft.

Ein grosser Theil der angewendeten Reagentien bewirkt keine merkliche Quellung und erhält die Doppelbrechung vollständig, oder aber vermindert dieselbe ohne merkliche Veränderung des Gewebes, indem sie nach dem Auswaschen wieder vollständig in der ursprünglichen Stärke wiederkehrt. Letztere Wirkung hat z. B. Natriumchlorid.[1]

Die versuchten Reagentien wurden, soweit sie in Wasser löslich sind, in concentrirter oder gesättigter Lösung angewendet. Flüchtige Flüssigkeiten, wie Äther, Schwefelkohlenstoff, etc. kamen in gut verschlossene Gläser, in welchen die Schnitte 24 Stunden lang lagen, um dann rasch mit dem Deckglase bedeckt untersucht zu werden. In Flüssigkeiten, welche sich nicht mit Wasser mischen, kamen die Schnitte aus absolutem Alkohol oder aus Äther. Bei allen im Folgenden angeführten Versuchen wurde niemals eine Umkehrung der Doppelbrechung beobachtet; es blieb vielmehr stets deutliche, wenn auch oft stark verminderte positive Doppelbrechung erhalten. Die untersuchten Reagentien sind, mit Ausschluss der schon früher ausführlich besprochenen aromatischen Verbindungen, folgende:

Schwefelsäure (st. Q.), Salzsäure (st. Q.), Salpetersäure (st. Q.), Orthophosphorsäure (st. Q.), Metaphosphorsäure (glasige Phosphorsäure in wenig Wasser gelöst), Borsäure, Ätznatron (st. Q.), Natriumchlorid (schwächt), Natriumsulfat, neutrales und basisches Natriumphosphat, Natriumbicarbonat, Ätzkali (st. Q.), Kaliumchlorid (schwächt, aber weniger als Natriumchlorid), Kaliumjodid (mässige Q.), Kaliumdichromat, Kaliumacetat, Kaliumtartrat, Ätzammoniak, Ammoniumchlorid, Ammoniummolybdat, Ammoniumalaun, Calciumchlorid (st. Q.), Baryumchlorid, Magnesiumsulfat, Zinkchlorid (st. Q.), Cuprisulfat, Silbernitrat (st. Q.), Mercurichlorid, basisches Bleiacetat, Ferrum sesquichloratum (st. Q.), Ferrosulfat, Ferrocyankalium.

Benzin, Petroleum, Paraffinöl, Methylalkohol, Formalin (Formaldehyd), Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Äthylalkohol (schwächt), Äthyläther, Aceton (ergibt stärkere positive Doppelbrechung als Alkohol, aber schwächere als Wasser), Chloralhydrat (st. Q.), Ameisensäure (st. Q.), Essigsäure (st. Q.), Oxalsäure, Gährungsmilchsäure (st. Q.), Weinsäure (st. Q.), Harnstoff,

[1] V. v. Ebner, l. c. S. 54.

Glycerin (schwächt), Olivenöl, Leinöl, Traubenzucker, Rohrzucker.

Bezüglich des Ätznatrons und des Ätzkalis ist noch zu erwähnen, dass die Quellung nicht eintritt, wenn man in sehr concentrirte Lösungen den vorher mit Filterpapier abgetrockneten Schnitt einlegt. Erst wenn die Lösung mit Wasser stärker verdünnt wird, tritt rasch ausgiebige Quellung auf. Ätzammoniak macht Knochenschnitte weder in concentrirter, noch in verdünnter Lösung quellen.

Es frägt sich nun, wie die eigenthümliche optische Reaction der leimgebenden und einiger anderer Gewebe auf phenolartige Verbindungen zu erklären sei.

Wie schon früher bemerkt wurde, kann nicht daran gedacht werden, dass die histologische Structur dabei die wesentliche Rolle spiele. Alle im Vorstehenden mitgetheilten Erfahrungen scheinen vielmehr darauf hinzuweisen, dass es sich um einen chemischen Vorgang handle, denn damit würde ja am einfachsten begreiflich, dass die Reaction einerseits an bestimmte Gewebe bildende Substanzen, anderseits an eine Gruppe von Reagentien, die ausschliesslich der aromatischen, speciell der Phenolreihe angehören, gebunden ist. Allein dieser Auffassung stellen sich bei genauerer Erwägung eigenthümliche Schwierigkeiten entgegen, Schwierigkeiten, welche eine grosse Ähnlichkeit haben mit jenen, die bei der Erklärung der technischen und histologischen Färberei in Frage kommen.

Das Wesen des Färbungsvorganges ist noch wenig aufgeklärt. Während man früher denselben als eine Oberflächenattraction, als Adsorption, bei welcher chemische Umsetzungen keine Rolle spielen, ansah, ist die Mehrzahl der Autoren, welche sich in neuerer Zeit mit der principiellen Seite der histologischen Färberei beschäftigt haben, geneigt, eine chemische Bindung der Farbestoffe durch gewisse Gewebebestandtheile anzunehmen. So Ehrlich,[1] Unna,[2] Griesbach[3] und Paul Mayer.[4]

[1] Charité-Annalen, 1886.

[2] Archiv für mikroskop. Anatomie, Bd. XXX, 1887.

[3] Zeitschr. für wissensch. Mikroskopie, Bd. V, 1888, S. 314.

[4] Mittheilungen aus der zoolog. Station zu Neapel, Bd. X, 1. Heft (1891) und 3. Heft (1892).

Nur Gierke[1] hält daran fest, dass im Allgemeinen die histologische Tinction durch den physikalischen Process der Oberflächenattraction zu Stande komme, wenn er auch nicht in Abrede stellt, dass in einzelnen Fällen chemische Processe daneben eine Rolle spielen, wie insbesondere dann nicht zu bezweifeln ist, wenn ein und derselbe chemisch reine Farbestoff an einem und demselben Präparate verschiedene Gewebeelemente in verschiedenen Farbentönen färbt. Ein chemischer Vorgang liegt ausserdem allen jenen Färbungen zu Grunde, welche durch das Lösungsmittel der Farbe nicht mehr ausgewaschen werden können; sie beruhen in jenen Fällen, in welchen sogenannte Beizen eine Rolle spielen, auf der Bildung eines unlöslichen Niederschlages des Farbestoffes. Dass bei der histologischen Färbung mit Hämatoxylin- und mit Carminpräparaten etwas derartiges stattfindet, ist wohl anzunehmen, und Paul Mayer macht es wahrscheinlich, dass bei der Färbung mit Hämatoxylin-Alaunlösungen die Bildung eines Niederschlages von Hämateïn-Thonerde das Wesentliche sei.

Etwas anderes ist es mit den unechten Färbungen, die durch das reine Lösungsmittel des Farbestoffes wieder aus dem Gewebe ausgewaschen werden können; für diese Färbungen muss man mindestens die Möglichkeit zugeben, dass eine chemische Umsetzung nicht stattfinde, dass vielmehr der Farbestoff durch rein physikalische Anziehungen, durch Oberflächenattraction festgehalten werde. Mit dieser letzteren Art von Färbung hat nun offenbar die Imbibition von farblosen Flüssigkeiten in doppelbrechende Gewebe, deren optischen Charakter sie ändern, der aber nach dem Auswaschen fast im ursprünglichen Zustande wiederkehrt, eine Analogie. In beiden Fällen handelt es sich um auffallende Änderungen der physikalischen Eigenschaften der Gewebe, deren Ursache vielleicht in chemischen Veränderungen der Substanz gelegen sein kann. Während aber eine allgemein giltige Entscheidung dieser Frage bezüglich der Färbungen wohl nicht gegeben werden kann, bietet die Veränderung der Doppelbrechung

---

[1] »Färberei zu mikroskopischen Zwecken.« Braunschweig, 1885, und Zeitschr. für wissensch. Mikroskopie, Bd. I und II.

experimentelle Mittel, wenigstens einige mögliche Vorstellungen über die zu Grunde liegenden Vorgänge auf ihre Zulässigkeit näher zu prüfen.

Gewisse Reagentien, wie namentlich das Nelkenöl, verändern das Gewebe selbst nicht, indem sie durch Alkohol wieder ausgewaschen werden können und nun das Gewebe in einem Zustande zurücklassen, der in Beziehung auf die Doppelbrechung genau derselbe ist, wie er vor der Anwendung des Reagens bestand. Für alle Reagentien gilt dieser Satz nicht; concentrirtes Benzophenol, Resorcin etc. bewirken eine bleibende Veränderung der leimgebenden Substanz durch Quellung, und das Mass der positiven Doppelbrechung, das vor der Einwirkung des Reagens bestanden hat, lässt sich durch Auswaschen nicht mehr herstellen. Bei den letztgenannten Reagentien wird mit zunehmender Verdünnung die Quellung immer weniger merklich, und es ist bald ein Punkt erreicht, wo dieselbe überhaupt nicht mehr eintritt, und es liegt die Vermuthung nahe, dass der letztere Zustand von jenem ausgesprochener Quellung nur graduell verschieden ist.

Die Natur der Quellung im Allgemeinen ist nicht ganz klar, doch sprechen verschiedene Thatsachen dafür, dass bei den typischen Quellungsvorgängen ein chemischer Process, eine Hydratbildung, eine wesentliche Rolle spielt.[1] Für die hier vorliegende Frage ist, wie immer man dieselbe betrachten mag, die Quellung nicht die wesentliche Erscheinung, da es ja viele Reagentien gibt, welche leimgebende Gewebe sehr stark quellen machen, ohne die positive Doppelbrechung in eine negative zu verwandeln. Immerhin kann die Thatsache, dass unter den Reagentien, welche die positive Doppelbrechung in eine negative umwandeln, auch mehrere solche sind, welche starke Quellung bewirken, zur Stütze der Ansicht herangezogen werden, dass diese Reagentien auf die Gewebe chemisch einwirken und dadurch die negative Doppelbrechung hervorrufen. Wenn man nun diese Ansicht näher zu präcisiren sucht, so könnte man zunächst daran denken, dass sich eine bestimmte chemische Verbindung in fester krystallinischer Form im Gewebe aus-

---

[1] Vergl. O. Lehmann, Molecularphysik. Leipzig 1888, Bd. I, S. 548.

scheide, ohne dass jedoch die Krystalle als solche mikroskopisch nachweisbar wären.

Letztere Vorstellung, welche den Anhängern der Nägeli'schen Micellartheorie wohl die nächstliegende wäre, ist aber nicht aufrecht zu erhalten. Denn wenn man auch die Möglichkeit zugeben wollte, dass in allen Fällen eine, vorläufig unbekannte chemische Verbindung in Form von optisch negativ, oder — bei der Linsenkapsel und den Chitinhäuten — von optisch positiv wirkenden Krystallen, in Abhängigkeit von der Structur des Gewebes gleichmässig orientirt sich ausscheide, so ist diese Vorstellung mit Rücksicht auf die Thatsachen zu verwerfen, welche man beim allmäligen Erwärmen eines durch Reagentien negativ doppelbrechend gemachten Präparates beobachtet.

Im Allgemeinen verschwindet beim Erwärmen die negative Doppelbrechung und geht schliesslich in eine positive über, während beim Erkalten die negative Doppelbrechung wiederkehrt. Ambronn[1] hat zwar gerade aus der Thatsache, dass bei gewissen pflanzlichen Cuticularbildungen und bei Kork die Doppelbrechung durch Erwärmen verschwindet und beim Erkalten wiederkehrt, das Vorhandensein von Krystallen, welche schmelzen und sich wieder ausscheiden, erschlossen, und ich will hier nicht erörtern, ob dieser Schluss für die von Ambronn untersuchten Objecte eine Berechtigung hat. Für die uns hier beschäftigende Frage ist die Annahme einer Einlagerung von Krystallen, welche beim Erwärmen verschwinden und beim Erkalten sich wieder ausscheiden, desswegen absolut ausgeschlossen, weil die negative Doppelbrechung nicht bei einer bestimmten Temperatur verschwindet, sondern bei steigender Erwärmung ganz allmälig sinkt und endlich sich umkehrt. Krystalle haben aber einen bestimmten Schmelzpunkt. Es müsste also eine bestimmte Temperatur gefunden werden, bei welcher die von Krystallen herrührende Doppelbrechung plötzlich verschwindet und unterhalb welcher dieselbe plötzlich wieder auftritt.

Dass davon keine Rede sein kann, mögen folgende Versuche belegen, welche mit dem heizbaren Objecttische nach

---

[1] Berichte der Deutschen bot. Gesellsch. 1888, Bd. VI; Berichte der mathem.-physikal. Classe der königl. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch., 1890.

M. Schultze vorgenommen wurden. Ein Längsschnitt eines entkalkten Röhrenknochens zeigte in Nelkenöl liegend über der Gypsplatte Purpur II. 0, in der Richtung der ersten Mittellinie orientirt an einer bestimmten Stelle bei 15° C. hellgelb I. 0. Die Farben änderten sich nun bei steigender Temperatur in folgender Weise. Bei 25° Braungelb I. 0, bei 30° Orange I. 0, bei 37° Roth I. 0, bei 42° war die Farbe des Gypsgrundes erreicht, bei 47° Violett II. 0, also bereits positive Färbung, bei 55° Blau II. 0. Beim Abkühlen folgten in umgekehrter Reihe dieselben Farben. Der Versuch wurde mit demselben Erfolge wiederholt, doch muss bemerkt werden, dass andere Stellen desselben Schnittes noch bei Temperaturen negative Färbung zeigten, bei welchen die untersuchte Stelle bereits deutliche positive Färbung angenommen hatte, was ohne weiteres schon beweisen würde, dass nicht eine bestimmte Temperatur für das Verschwinden der negativen Doppelbrechung entscheidend ist. Die Stelle, welche untersucht wurde, entsprach einem ziemlich rein radialen Längsschnitte eines Lamellensystemes, das an den Enden abgeschnitten und daher in mechanischem Sinne durch die umgebenden Theile wenig gespannt war.

Um nun den Einfluss zu prüfen, welchen die Configuration des Schnittes, beziehungsweise die gegenseitige Spannung der Fasersysteme auf die Änderung der Doppelbrechung durch steigende Temperatur haben muss, wurde vergleichsweise ein Knochenquerschnitt genommen und an demselben ein negativ doppelbrechendes Havers'sches Ringsystem eingestellt, in welchem also die Faserung ringförmig in sich selbst zurückläuft. Das Ringsystem zeigte bei 15° C. in den beiden Quadranten des Ringes, deren Faserung parallel zur ersten Mittellinie der Gypsplatte Purpur II. 0 lief, Gelb I. 0; in den beiden Quadranten, welche senkrecht zur ersten Mittellinie der Gypsplatte liefen, Blau II. 0. Die Temperatur musste bis auf 65° C. erhöht werden, bis endlich die Doppelbrechung verschwand, und erst bei 70° zeigte sich eine eben wahrnehmbare positive Doppelbrechung, indem die steigenden und sinkenden Farben ihren Platz vertauscht hatten. Während also in dem früheren Versuche die Umkehr der Doppelbrechung schon bei 47° erfolgt war, zeigte sie sich in diesem zweiten Versuche erst bei einer um 23° höheren

Temperatur, was hinreichend beweist, dass die negative Doppelbrechung nicht von Krystallen herrühren kann.

Diesen beiden Versuchen entsprechend wurden bei anderen Objecten wieder andere Temperaturen für die Umkehr der Doppelbrechung gefunden, die niedrigsten bei Sehnen, bei welchen die völlig parallel gelagerten an ihren Enden abgeschnittenen Fibrillen bei mechanischer Ausdehnung und Zusammenziehung sich offenbar viel weniger gegenseitig behindern, als in dem viel complicirter gefaserten Knochengewebe. An Fingersehnen des Frosches konnte das Verschwinden der negativen Doppelbrechung an manchen Stellen schon bei 30° beobachtet werden.

Eine andere Reihe von Erfahrungen, welche ebenfalls mit der Krystallhypothese nicht in Einklang stehen, ergeben die Versuche mit Verdünnung der, negative Doppelbrechung hervorrufenden, Reagentien. Man macht mit allen diesen Reagentien die Erfahrung, dass sie, in möglichst concentrirter Lösung angewendet, die stärkste negative Doppelbrechung hervorrufen. Verdünnt man die Lösung, so wirken sie weniger und es kommt dann ein Mass der Verdünnung, bei welchem das Präparat fast isotrop wird, d. h. neben schwach positiv und schwach negativ doppelbrechend wirkenden Stellen kommen auch zahlreiche unwirksame vor, die diese Unwirksamkeit nicht dem Umstande verdanken, dass der Schnitt senkrecht zur optischen Axe der Fasern geführt ist, und endlich kommt bei weiterer Verdünnung erst schwache, dann bei noch weiterer Verdünnung stärkere positive Doppelbrechung zur Beobachtung.

Würde es sich um Ausscheidung von Krystallen handeln, so müsste man wohl erwarten, dass dieselbe bei einer bestimmen Concentration der Lösung erfolgt, und es wäre ja denkbar, dass im imbibirten Gewebe diese Ausscheidung bei einer Concentration stattfindet, bei welcher die freie Flüssigkeit durchaus keine Krystallausscheidung zeigt. Es wäre aber unbegreiflich, dass bei geringer Concentration der Flüssigkeit eine schwache negative Doppelbrechung durch Krystallausscheidung bedingt sein soll, dass also gewissermassen die Zahl der ausgeschiedenen Krystalle mit der Concentration ganz allmälig abnehmen würde.

Die Versuche über die Wirkung allmälig verdünnter Lösungen sind etwas umständlich. Denn ebenso wenig, als die volle Wirkung einer Flüssigkeit bei Zusatz zu einem Präparate momentan eintritt, zeigt sich der Erfolg der Übertragung eines Schnittes aus einer concentrirteren in eine verdünntere Lösung und umgekehrt — sofort. Man muss in beiden Fällen längere Zeit, oft mehrere Stunden warten bis ein constanter, sich nicht mehr ändernder Erfolg eingetreten ist. Dies ist mit Rücksicht auf die anderweitigen Erfahrungen bei Imbibitionsvorgängen begreiflich. Als Beispiele solcher Versuche seien folgende angeführt.

Ein Knochenlängsschliff zeigte in Alkohol an der dicksten Stelle Hellblau II. O. im positiven Sinne. In einer sehr concentrirten alkoholischen Lösung reinen Phenols nahm der Schnitt bald negative Färbung an, welche im Laufe einer Stunde auf Roth II. O. im negativen Sinne stieg. Nun wurde die Phenollösung mit einem gleichen Theile Alkohol verdünnt. Die Farbe sank allmälig; nach 24 Stunden war das Maximum Hellweiss I. O. in negativem Sinne. Nun wurde diese Lösung weiter mit beiläufig dem halben Volum Alkohol verdünnt; die negative Färbung verschwand vollständig und stieg nun in positivem Sinne auf Hellgelb I. O.

Mit gesättigter wässeriger Phenollösung tritt bei Knochenschnitten bereits merkliche Quellung auf, was bei geringerer Concentration der Lösung nicht mehr der Fall ist. Es wurden daher bei den folgenden Versuchen nur wässerige Phenollösungen bis zu solchen Concentrationen angewendet, welche das Gewebe nicht merklich veränderten.

Ein Knochenschnitt, welcher in Wasser im Maximum Indigo II. O. im positiven Sinne zeigte, wurde in eine Mischung von 10 Volumtheilen gesättigter Phenollösung und 5 Volumtheilen Wasser gebracht. Nach 24 Stunden war die Farbe Hellweiss I. O. im negativen Sinne. Hierauf wurde der Schnitt in ein Gemisch von 10 Theilen concentrirter Phenollösung mit 2 Theilen Wasser gebracht. Nach ungefähr anderthalb Stunden war die Farbe auf Hellgelb I. O. im negativen Sinne gestiegen.

Der folgende Versuch wurde in der Weise angestellt, dass in eine Reihe von kleinen Deckeldosen mit flachem Boden Gemische von gesättigter Phenollösung mit Wasser in steigender Concentration abpippettirt wurden.

In jede Schale wurde dann ein dünner, mit dem Mikrotom angefertigter Knochenlängsschnitt, der im Maximum die Farbe Hellweiss I. O. bis höchstens Hellgelb I. O. im positiven Sinne zeigte, eingelegt und die Wirkung nach 24 Stunden untersucht. Das in folgender Tabelle zusammengestellte Resultat ist, dass in Gemengen von ungefähr 20 Theilen gesättigter Phenollösung mit 14 Theilen Wasser die Doppelbrechung von Knochenschnitten nahezu aufgehoben wird, während in geringeren Concentrationen die Schnitte deutlich positiv bleiben, in Concentrationen dagegen, die mehr gesättigte Phenollösung enthalten, in steigendem Masse negativ doppelbrechend werden. Ganz neutral werden die Schnitte nie; es sind besonders die unmittelbar um die Gefässcanäle gelegenen Havers'schen Lamellensysteme, welche bereits negativ doppelbrechend erscheinen, während verschiedene Grundlamellensysteme noch schwache Färbungen im entgegengesetzten Sinne erkennen lassen. Um sicher zu gehen, dass die Concentration der Lösung bei der Untersuchung constant bleibe, wurden die Schnitte in den Glasdosen bei schwacher Vergrösserung mit dem polarisirenden Mikroskope untersucht. Es musste daher vorher eine Auswahl unter den Glasdosen getroffen werden, um solche zu finden, deren Boden nicht merklich doppelbrechend ist.

Nummer der Schale	Volum der gesättigten wässerigen Phenollösung in Cubikcentimetern	Volum des Wassers in Cubikcentimetern	Optisches Verhalten des Schnittes
1	2·0	2·0	Deutlich positiv doppelbrechend.
2	2·0	1·5	Sehr schwach positiv doppelbrechend, viele neutrale Stellen.
3	2·0	1·4	Fast neutral.
4	2·0	1·3	Fast neutral, doch längs der Gefässe deutlich negativ.
5	2·0	1·0	Negativ doppelbrechend. Lavendelgrau I. O.
6	2·0	0·8	Negativ doppelbrechend. Bläulich-Weiss I. O.
7	2·0	0·5	Negativ doppelbrechend. Weiss I. O.

Während es leicht ist, gesättigte wässerige Phenollösungen herzustellen, ist es mit einigen Schwierigkeiten verbunden, Resorcin in Wasser bis zur Sättigung aufzulösen. Die Krystalle zerfliessen förmlich im Wasser, und bald entsteht eine ziemlich dicke, stark lichtbrechende Flüssigkeit, die nun beim ruhigen Stehen nur wenig mehr löst, weil die am Boden sich bildende gesättigte Lösung äusserst langsam in die höheren Flüssigkeitsschichten diffundirt. Schüttelt man aber die Flüssigkeit fortwährend, so nimmt sie im Laufe weniger Tage eine schwach braune Färbung an.

Die von mir benützten gesättigten wässerigen Resorcinlösungen waren etwas braun gefärbt. Concentrirte wässerige Resorcinlösungen bewirken starke Quellung des Gewebes; erst bei Verdünnungen mit dem gleichen Volum Wasser hört diese Wirkung auf. Bei weiterer Verdünnung ist deutliche negative Doppelbrechung zu beobachten, welche endlich in einem Gemenge von einem Theile gesättigter Resorcinlösung und zwei Theilen Wasser unmerklich wird und bei noch weiterer Verdünnung in eine positive Doppelbrechung übergeht. Die Versuche wurden ähnlich wie jene mit der wässerigen Lösung des Phenols ausgeführt. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Nummer der Schale	Volum der gesättigten Resorcinlösung in Cubikcentimetern	Volum des Wassers in Cubikcentimetern	Verhalten des Schnittes
1	2·0	5·0	Sehr schwach positiv doppelbrechend, theilweise neutral.
2	2·0	4·0	Fast neutral, einzelne negativ doppelbrechende Stellen.
3	2·0	3·5	Schwach negativ doppelbrechend, dunkel lavendelgrau.
4	2·0	3·0	Negativ doppelbrechend, hell lavendelgrau.
5	2·0	2·5	Negativ doppelbrechend, bläulichweiss.

Nummer der Schale	Volum der gesättigten Rosorcin-lösung in Cubik-centimetern	Volum des Wassers in Cubik-centimetern	Verhalten des Schnittes
6	2·0	2·0	Stark nega iv doppelbrechend. Keine Quellung.
7	2·0	1·5	Merkliche Quellung } Negativ doppel-brechend.
8	2·0	1·0	Deutliche Quellung } Negativ doppel-brechend.
9	2·0	0·5	Starke Quellung } Negativ doppel-brechend.

Das Trinitrophenol (Pikrinsäure) unterscheidet sich von dem Phenol und dem Resorcin bezüglich seiner Wirkung dadurch, dass es auch in gesättigter wässeriger Lösung, wie bekannt, keine Quellung der leimgebenden Fasern hervorruft. Zu genaueren Untersuchungen eignet sich die Pikrinsäure desshalb nicht, weil die intensiv gelbe Farbe des Gewebes die Beurtheilung der Interferenzfarben erschwert und z. B. blaue Interferenzfarben in intensiv grüne umwandelt. Immerhin konnte constatirt werden, dass gesättigte Pikrinsäure, mit mehr als zwei Volumtheilen Wasser verdünnt, Knochenschnitte noch negativ doppelbrechend macht, und dass dann auch hier bei weiterer Verdünnung endlich positive Doppelbrechung auftritt.

Alle diese Erfahrungen lassen also die Annahme, dass es sich um krystallinische Ausscheidungen handle, unannehmbar erscheinen und drängen zu der Vorstellung, dass es sich um moleculare Spannungen handle, welche die imbibirte Flüssigkeit in dem Gewebe hervorruft, und zwar Spannungen, welche den in den natürlichen Geweben vorhandenen entgegengesetzt sind und dieselben in Beziehung auf die Doppelbrechung übercompensiren.

Da keineswegs jede beliebige Flüssigkeit diese Wirkung hervorbringt, sondern, soweit bisher ermittelt werden konnte, nur Flüssigkeiten, welche Verbindungen der Phenolreihe enthalten, so muss diese optische Wirkung mit dem molecularen Baue der Phenole in einem Zusammenhange stehen; es ist aber vorläufig nicht möglich, eine detaillirtere Vorstellung über den

molecularen Vorgang zu entwickeln. Dass der Erscheinung ein chemischer Process zu Grunde liegt, muss angenommen werden; aber man kann sich nicht denken, dass es sich um Ausscheidung einer bestimmten Verbindung in der festen Substanz handle, da die Wirkung mit der Concentration und Verdünnung des Reagens allmälig zu- und abnimmt. Eher könnte man daran denken, dass sich sogenannte physikalische Verbindungen nach veränderlichen Verhältnissen bilden, die die leimgebende Substanz, das Chitin u. s. f. mit dem Reagens eingehen.

So unklar die eigentliche Ursache der Erscheinung ist, so kann doch soviel mit Bestimmtheit ausgesprochen werden, dass es sich bei den durch Reagentien künstlich negativ doppelbrechend gemachten Geweben um etwas wesentlich Anderes handelt, als bei jenen colloiden Substanzen, welche, wie beschränkt gequollenes Kirschgummi und Traganth, gegen Spannungen optisch anomal reagiren.[1] Diese letzteren Substanzen haben die Eigenschaft, dass sie bei Zug mit zunehmender Spannung immer stärker negativ doppelbrechend werden.

Die durch Reagentien negativ doppelbrechend gemachten entkalkten Knochen und Sehnen zeigen aber die normale Reaction gegen mechanische Spannungen, ja es ist sogar diese Reaction in auffallend hohem Grade vorhanden. Bringt man eine durch Nelkenöl negativ doppelbrechend gemachte Sehne oder einen durch dasselbe Reagens oder durch Phenol negativ doppelbrechend gemachten Knochenlängsschnitt in den Dehnungsapparat, so überzeugt man sich leicht, dass schon bei mässigem Zuge die negative Doppelbrechung merklich schwächer wird und endlich bei stärkerer Dehnung gänzlich verschwindet. Bei noch stärkerem Zuge tritt schliesslich neuerdings Doppelbrechung auf, die, wie die Untersuchung mit Hilfe

---

[1] Vergl. hierüber: V. v. Ebner, l. c. S. 27, ferner diese Berichte, Bd. XCII, II. Abth., 1888, S. 39; Bd. XCVIII, II. Abth., 1889, S. 1280. Österr. botan. Zeitschrift, XL. Jahrg. 1890. S. 31 (Sitzung der chem. physik. Gesellsch. vom 12. November 1889), — Schwendener: Sitzungsber. der kön. preuss. Akademie der Wissensch. 1887, XXXIV. Sitzung vom 7. Juli. Ebendort 1889, XVIII. Sitzung vom 28. März. Ebendort 1890, XLII. Sitzung vom 30. October. — Ambronn: Berichte der deutschen botan. Gesellschaft. Jahrg. 1889, Bd. VI, S. 103.

einer Gypsplatte Roth I. O. ergibt, nun einen positiven Charakter hat. Beim Nachlassen des Zuges kehrt die negative Doppelbrechung wieder. Diese Versuche zeigen also, dass die künstlich negativ doppelbrechend gemachten Gewebe gegen Spannungen in demselben Sinne reagiren, wie die natürlichen Gewebe, bei welchen die vorhandene positive Doppelbrechung durch Dehnung in der Richtung der optischen Axe verstärkt wird.

Es muss hier noch einer Erscheinung gedacht werden, welche bei Knochen, die durch Auskochen oder Glühen der leimgebenden Substanz beraubt wurden, von mir früher beschrieben wurde.[1] Solche Knochen zeigen, wenn sie trocken untersucht werden, eine anscheinend positive Doppelbrechung. Diese anscheinende Doppelbrechung ist aber eine Diffractionserscheinung, herrührend von den an Stelle der leimgebenden Knochenfibrillen getretenen dicht gedrängten luftführenden Röhrchen, welche in der noch vorhandenen und nicht zerstörten, die Kalksalze enthaltenden Kittmasse der Fibrillen eingelagert sind. Diese Diffractionswirkung verschwindet, wenn man stark lichtbrechende Flüssigkeiten zusetzt. Sie ist in Wasser und Alkohol noch schwach bemerkbar, verschwindet aber, wenn der Schliff mit Glycerin, Terpentinöl, leichtem Nelkenöl, mit Monobromnaphtalin, mit Schwefelkohlenstoff durchsichtig gemacht wird und macht einer schwach negativen Doppelbrechung Platz, welche von der Kittsubstanz herrührt.

Diese Erscheinungen haben mit der Wirkung der Phenolverbindungen auf leimgebendes Gewebe keine Analogie. Die Diffraction im ersten Falle verschwindet durch beliebige Flüssigkeiten von hohem Brechungsindex. Die Wirkung der Phenole ist aber an eine bestimmte chemische Beschaffenheit der Zusatzflüssigkeit gebunden und unabhängig vom Brechungsindex der Flüssigkeit, da ja die schwach lichtbrechende wässerige Phenol- oder Trinitrophenollösung ebenso wirkt, wie das stark lichtbrechende Nelkenöl oder Zimmtöl. Anderseits sind das noch stärker lichtbrechende Monobromnaphtalin und der Schwefelkohlenstoff unwirksam; ebenso das dem Nelkenöl in Bezug auf den Brechungsindex nahe Terpentinöl, Anisöl etc. Es kann

[1] Archiv für mikroskop. Anatomie, Bd. XXIX, 1887, S. 226 f. f.

also keine Rede davon sein, dass die besprochenen Phänomene, so wie jene an den ausgekochten Knochenschliffen, als Diffractionswirkungen erklärt werden könnten.

Schliesslich wäre noch zu erwägen, ob der moleculare Vorgang, welcher der besprochenen Umkehrung der Doppelbrechung zu Grunde liegt, nicht darin bestehen könnte, dass capillare Spannungen zwischen den festen Theilen des Gewebes und der imbibirten Flüssigkeit auftreten.

In den »Untersuchungen über die Ursachen der Anisotropie organisirter Substanzen«[1] habe ich darauf hingewiesen, dass beliebige Flüssigkeitstropfen, welche zwischen parallelen Nicols über einer Glimmerplatte, die das sehr empfindliche Dunkelpurpur I. O. gibt, untersucht werden, Erscheinungen zeigen, welche sich durch die Annahme erklären lassen, dass der Tropfen schwach negativ doppelbrechend ist mit radiär gerichteten optischen Axen. Es erscheint nämlich die Mitte des Tropfens in der Farbe des Glimmergrundes, die Ränder aber in zwei Quadranten in blauer und in zwei Quadranten in brauner Färbung, wie dies eine negativ doppelbrechende Kugel ebenfalls zeigen müsste. Ich war geneigt, dieses Phänomen auf wirkliche Doppelbrechung in Folge der Capillarspannung der Oberfläche zu beziehen, und es ist mir nicht bekannt, dass eine andere Erklärung dieses Phänomenes bisher gegeben wurde. Neue Untersuchungen haben mir jedoch gezeigt, dass es sich nicht um ein Doppelbrechungsphänomen, sondern um eine, nur unter besonderen Umständen der Anordnung des optischen Apparates auftretende, mit der Isotropie des Tropfens wohl vereinbare Erscheinung handelt. Die Erscheinung zeigt sich nur, wenn die Glimmerplatte über dem Condensor des Polarisators zwischen diesem und dem Objectträger mit dem Tropfen liegt; sie bleibt dagegen aus, wenn die Glimmerplatte zwischen dem Nicol des Polarisators und dem Condensor liegt. Warum bei der ersten Stellung anscheinende Doppelbrechung auftritt, wird begreiflich, wenn man bedenkt, dass die aus dem Condensor kommenden Strahlen die Glimmerplatte zum Theil in sehr schiefer Richtung durchsetzen, während dies bei der zweiten Versuchsanordnung

---

[1] S. 3 und 4.

nicht der Fall ist. Sehr stark geneigte Strahlen gelangen im Allgemeinen nicht in das Objectiv, das ja bei dieser Untersuchung, wo es sich um geringe Lichtintensität handelt, nur von grosser Brennweite und entsprechend kleinem Öffnungswinkel genommen wird. In den Flüssigkeitstropfen werden aber solche stark geneigte Strahlen zum Theil so gebrochen, dass sie in das Objectiv hineingelangen. Diese stark geneigten Strahlen haben aber eine merklich dickere Glimmerschicht durchsetzt, als die vertical durch den Glimmer hindurchgehenden. Man überzeugt sich aber leicht, dass eine geringe Drehung der Glimmerplatte um eine der Elasticitätsaxen sofort das ganze Gesichtsfeld entweder blau oder braun erscheinen lässt. Die Ränder der Tropfen wirken also so, als ob längs derselben die Glimmerplatte je nach der Lage der Tangenten des Tropfens entweder um die längere oder um die kürzere Elasticitätsaxe oder gar nicht gedreht worden wäre.

Da demgemäss eine Doppelbrechung von Flüssigkeitstropfen durch Capillarspannung nicht nachgewiesen werden kann, ist auch die Vorstellung zu verwerfen, dass die Umkehrung der Doppelbrechung an Geweben durch Flüssigkeiten auf einfache Capillarspannung zurückzuführen sei.

Schliesslich möge noch eine kurze Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse dieser Untersuchungen folgen.

1. Die positive Doppelbrechung der typischen Bindesubstanzen des Wirbelthierkörpers, des leimgebenden Bindegewebes, des Knorpels, des (entkalkten) Knochens und Zahnbeines, der Grundsubstanz der Hornhaut und der elastischen Fasern wird durch die Einwirkung von Carbolsäure (Benzophenol) in eine negative, die negative Doppelbrechung der Linsenkapsel dagegen in eine positive verwandelt

2. Eine Umkehrung der Doppelbrechung durch Benzophenol erleiden auch Gewebe, welche aus Chitin oder Spongin bestehen, ferner in Alkohol erhärteter und dabei doppelbrechend gewordener thierischer Schleim.

3. Dagegen bewirkt Benzophenol keine Umkehrung der Doppelbrechung bei glatten und quergestreiften Muskeln, bei Hornsubstanzen (Haaren, Nägeln) und Seide, ferner bei Amylum, Cellulose und Kork.

4. Ähnlich wie Benzophenol wirken Brenzkatechin, Resorcin, Trinitrophenol, Metakresol, Metaxylenol, Guajakol, Kreosol, schweres Nelkenöl, Bittermandelöl, Zimmtöl, Meta- und Paraoxybenzoësäure.

5. Schwache negative Doppelbrechung bewirken Hydrochinon und Pyrogallol; starke Verminderung der positiven Doppelbrechung rufen Phloroglucin, Benzoësäure, Orthooxybenzoësäure (Salycilsäure), Phtalsäure und Amidobenzol (Anilin) hervor.

6. Ohne auffällige Wirkung sind: Hippursäure, Thymol, α-Naphtol, Diphenylamin, Phenylhydrazin, Nitrobenzol, ferner die Kohlenwasserstoffe der aromatischen Reihe.

7. Unter den versuchten aliphatischen und unorganischen Verbindungen wurde keine gefunden, welche Umkehrung der Doppelbrechung hervorruft.

8. Das Mass der durch die wirksamen Reagentien hervorgerufenen negativen Doppelbrechung hängt von der Concentration der Lösung des Reagens und von der Temperatur ab Die negative Doppelbrechung nimmt mit steigender Temperatur allmälig ab und geht schliesslich in eine positive über; es gibt aber keinen kritischen Punkt der Temperatur, bei welchem die negative Doppelbrechung plötzlich verschwinden würde.

9. Die Reaction beruht daher nicht auf der Ausscheidung einer krystallinischen Substanz im festen Gewebe.

10. Die Reaction beruht ferner nicht direct auf der histologischen Structur des Gewebes, auch nicht auf einer Diffractionserscheinung oder auf einfacher Capillarwirkung, sondern in erster Linie auf der chemischen Beschaffenheit des Gewebes und der angewendeten Reagentien.

11. Gegen mechanische Dehnung verhalten sich die durch Reagentien negativ doppelbrechend gewordenen Gewebe, wie normale.

XVII. SITZUNG VOM 21. JUNI 1894.

Herr Prof. H. Höfer an der k. k. Berg-Akademie in Leoben übersendet eine Abhandlung, betitelt: »Die geologischen Verhältnisse der St. Pauler Berge im östlichen Kärnten«.

Herr Prof. Dr. Karl Bobek an der k. k. deutschen Universität in Prag übersendet eine Abhandlung, betitelt: »Die Invarianten der allgemeinen Fläche dritter Ordnung«.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. Ad. Lieben überreicht eine Arbeit unter dem Titel: »Bemerkungen über die Constitution der fetten Säuren und die Löslichkeit ihrer Salze«.

Ferner legt Herr Hofrath Lieben eine Arbeit aus seinem Laboratorium von G. Johanny vor: »Über die Einwirkungsproducte der Blausäure auf Methyläthylacrolein«.

Herr Dr. Ed. Mahler in Wien überreicht eine Abhandlung, betitelt: »Die Apisperiode der alten Ägypter«.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Arnoux, G., Essais de Psychologie et de Métaphysique positives. Arithmétique graphiques. Les espaces arithmétiques hypermagiques. Paris, 1894; 8⁰.

Caruelii, Th., Epitome florae Europae terrarumque affinium sistens plantas Europae, Barbariae, Asiae occidentalis et

centralis et Sibiriae quoad divisiones, classes, cohortes, ordines, familias, genera ad characteres essentiales exposita. Fasc. I. Monocotyledones. Fasc. II. Dicotyledones. Florentiae, 1892 et 1894; 8⁰.

Physikalisch-technische Reichsanstalt in Charlottenburg, Wissenschaftliche Abhandlungen. Bd. I. Thermometrische Arbeiten. Berlin, 1894; 4⁰.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

CIII. BAND. VII. HEFT.

ABTHEILUNG III.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN UND DER THIERE, SOWIE AUS JENEM DER THEORETISCHEN MEDICIN.

XVIII. SITZUNG VOM 5. JULI 1894.

Der Secretär legt das erschienene Doppelheft IV—V (April—Mai 1894) des 15. Bandes der Monatshefte für Chemie vor.

Die königl. italienische Botschaft in Wien übermittelt ein Druckwerk von Prof. Roberto Campana an der k. Universität in Rom unter dem Titel: »Lepra«.

Das w. M. Herr Prof. L. Pfaundler übersendet eine Arbeit aus dem physikalischen Institute der k. k. Universität in Graz von Prof. Dr. Ign. Klemenčič: »Über die circulare Magnetisirung von Eisendrähten«.

Herr P. C. Puschl, Stiftscapitular in Seitenstetten, übersendet eine Abhandlung, betitelt: »Aktinische Wärmetheorie und chemische Äquivalenz«.

Das w. M. Herr Prof. H. Weidel überreicht eine im I. chemischen Laboratorium der k. k. Universität in Wien ausgeführte Arbeit von F. Wenzel, betitelt: »Synthese des Kynurins«.

Das w. M. Herr Director E. Weiss überreicht eine Abhandlung von Prof. Dr. E. Freiherr v. Haerdtl unter dem Titel: »Zur Frage der Perihelbewegung des Planeten Mercur«.

Das c. M. Herr Oberst A. v. Obermayer überreicht eine Abhandlung: »Über die Wirkung des Windes auf schwach gekrümmte Flächen«.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Campana, R., Lepra. (Mit Illustrationen.) Genova, 1894.

Martel, E. A., Les abîmes, les eaux souterraines, les cavernes, les sources, la spélaeologie. Explorations souterraines effectuées de 1888 à 1893 en France, Belgique, Autriche et Grèce. (Mit Illustrationen.) Paris, 1894; 4°.

XIX. SITZUNG VOM 12. JULI 1894.

Der Secretär legt das erschienene Heft IV und V (April und Mai 1894) des 103. Bandes, Abtheilung II. b. der Sitzungsberichte vor.

Herr Prof. Dr. Ign. Klemenčič in Graz dankt für die ihm zur Durchführung seiner Untersuchung über die Magnetisirung durch elektrische Oscillationen bewilligte Subvention.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. V. v. Lang überreicht folgende zwei Arbeiten aus dem physikalischen Institute der k. k. Universität zu Innsbruck:

1. »Eine Studie über unipolare Induction«, von Prof. Dr. Ernst Lecher.
2. »Experimentelle Darstellung von Magnetfeldern«, von Joh. Zuchristian.

Das c. M. Herr Hofrath Prof. E. Ludwig übersendet eine Arbeit der Herren k. u. k. Oberstabsarzt Prof. Dr. F. Kratschmer und k. u. k. Regimentsarzt Dr. E. Wiener in Wien, betitelt: »Grundzüge einer neuen Bestimmungsmethode der Kohlensäure in der Luft«.

Das c. M. Herr Hofrath Prof. A. Bauer übersendet eine Arbeit aus dem Laboratorium für allgemeine und analytische Chemie an der k. k. technischen Hochschule in Wien: »Zur Kenntniss der Überwallungsharze« (II. Abhandlung), von Dr. Max Bamberger.

Das c. M. Herr Prof. Zd. H. Skraup überreicht folgende vier im chemischen Institut der k. k. Universität in Graz ausgeführte Arbeiten:

1. »Über die Constitution der Verbindungen von Chinaalkaloiden mit Äthyljodid«, von Zd. H. Skraup.

2. »Über das Verhalten von Hydrojodcinchonin zu Wasser«, von Dr. G. Pum.

3. »Mangantrichlorid und Chlorokupfersäure«, von G. Neumann.

4. »Quantitative Analyse von Schwermetallen durch Titriren mit Natriumsulfid«, von G. Neumann.

Das c. M. Prof. Franz Exner übersendet eine Arbeit, betitelt: »Elektrochemische Untersuchungen« (IV. Mittheilung).

Ferner übersendet derselbe eine in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeit des Herrn J. G. Garvanoff: »Über die innere Reibung in Ölen und deren Änderung mit der Temperatur.«

Herr Dr. Alfred Nalepa, Professor am k. k. Staatsgymnasium in Wien (IV. Bezirk), übersendet eine vorläufige Mittheilung über »Neue Gallmilben« (10. Fortsetzung).

Herr Dr. Wilhelm Kaiser, k. k. Polizei-Commissär in Floridsdorf, übersendet ein versiegeltes Schreiben behufs Wahrung der Priorität, welches angeblich die Beschreibung einer in verhältnissmässig beschränktem Raume (bei grosser Stromstärke) untergebrachten transportablen Quellenbatterie enthält.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. G. Tschermak legt eine für die Denkschriften bestimmte Abhandlung über gewundene Bergkrystalle vor.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. Ad. Lieben überreicht eine in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeit von E. Bryk: »Über die Einwirkung von Jod und Kalilauge auf Harnsäure«;

ferner eine von Prof. R. Přibram aus Czernowitz eingesendete Abhandlung von G. Gregor: »Über die Einwirkung von Jodmethyl auf Resacetophenonkalium«.

Das w. M. Herr Hofrath Director A. Kerner v. Marilaun überreicht zwei weitere Berichte von Dr. Eugen v. Halácsy in Wien: III. »Beitrag zur Flora von Thessalien« und IV. »Beitrag zur Flora von Achaia und Arcadien«, welche den Schluss der botanischen Ergebnisse einer von demselben im Auftrage der kaiserl. Akademie der Wissenschaften unternommenen Forschungsreise nach Griechenland bilden.

Das w. M. Herr Prof. Friedr. Brauer überreicht den IV. Theil der in Verbindung mit Ed. Edl. v. Bergenstamm verfassten Vorarbeiten zu einer Monographie der *Muscaria Schizometopa,* welcher ein Verzeichniss der bis jetzt gezogenen Parasiten und ihrer Wirthe und eine ebensolche alphabetische Aufzählung der Wirthe und ihrer Parasiten, ferner Nachträge zu den früheren Theilen enthält.

Das w. M. Herr Prof. H. Weidel überreicht eine im I. chemischen Universitäts-Laboratorium von Herrn Fritz Pollak durchgeführte Untersuchung: »Studien über die synthetische Bildung von Mesoweinsäure und Traubensäure«.

Das w. M. Herr Vicepräsident Prof. E. Suess übergibt eine für die Denkschriften bestimmte Abhandlung, betitelt: »Beiträge zur Stratigraphie Centralasiens«.

Herr Dr. J. Sahulka, Docent an der k. k. technischen Hochschule in Wien, überreicht eine Abhandlung, betitelt: »Neue Untersuchungen über den elektrischen Lichtbogen«.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Kaiserliche Universität in Kasan, Jubiläumsschrift zur hundertjährigen Geburtstagsfeier N. Lobatschewski's. Kasan, 1894; 4°.

Wilde, H. Über den Ursprung der elementaren Körper und über einige neue Beziehungen ihrer Atomgewichte. London, 1892; 4°.

Die Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe erscheinen vom Jahre 1888 (Band XCVII) an in folgenden **vier** gesonderten **Abtheilungen,** welche auch einzeln bezogen werden können:

Abtheilung I. Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Krystallographie, Botanik, Physiologie der Pflanzen, Zoologie, Paläontologie, Geologie, Physischen Geographie und Reisen.

Abtheilung II. a. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Astronomie, Physik, Meteorologie und Mechanik.

Abtheilung II. b. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Chemie.

Abtheilung III. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie des Menschen und der Thiere, sowie aus jenem der theoretischen Medicin.

Dem Berichte über jede Sitzung geht eine Übersicht aller in derselben vorgelegten Manuscripte voran.

Von jenen in den Sitzungsberichten enthaltenen Abhandlungen, zu deren Titel im Inhaltsverzeichnisse ein Preis beigesetzt ist, kommen Separatabdrücke in den Buchhandel und können durch die akademische Buchhandlung F. Tempsky (Wien, IX., Wasagasse 12) zu dem angegebenen Preise bezogen werden.

Die dem Gebiete der Chemie und verwandter Theile anderer Wissenschaften angehörigen Abhandlungen werden auch in besonderen Heften unter dem Titel: »Monatshefte für Chemie und verwandte Theile anderer Wissenschaften« herausgegeben. Der Pränumerationspreis für einen Jahrgang dieser Monatshefte beträgt 5 fl. oder 10 Mark.

Der akademische Anzeiger, welcher nur Original-Auszüge oder, wo diese fehlen, die Titel der vorgelegten Abhandlungen enthält, wird, wie bisher, acht Tage nach jeder Sitzung ausgegeben. Der Preis des Jahrganges ist 1 fl. 50 kr. oder 3 Mark.

SITZUNGSBERICHTE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

CIII. BAND. VIII. BIS X. HEFT.

JAHRGANG 1894. — OCTOBER BIS DECEMBER.

ABTHEILUNG III.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN UND DER THIERE, SOWIE AUS JENEM DER THEORETISCHEN MEDICIN.

(MIT [illegible] TAFELN UND [illegible] TEXTFIGUREN.)

WIEN, 1894.

AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI F. TEMPSKY,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

INHALT

der 8. bis 10. Heftes October bis December 1894 des CIII. Bandes, Abtheilung III der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe.

Preis des ganzen Heftes: 1 fl. 70 kr. = 3 Mk. 40 Pfg.

XX. SITZUNG VOM 11. OCTOBER 1894.

Der Vorsitzende, Herr Vicepräsident Prof. E. Suess, begrüsst die Classe bei Wiederaufnahme der Sitzungen nach den Ferien und heisst das neueingetretene Mitglied Herrn Prof. A. Weichselbaum herzlich willkommen.

Hierauf gedenkt der Vorsitzende der Verluste, welche die kaiserliche Akademie und speciell diese Classe seit der letzten Sitzung durch den Tod zweier hervorragender Männer der Wissenschaft erlitten hat.

Am 17. Juli verschied in Perchtoldsdorf bei Wien der Senior der Akademie Hofrath Dr. Joseph Hyrtl, emerit. Professor der Wiener Universität, im 83. Lebensjahre. Hyrtl war das letzte noch lebende wirkliche Mitglied aus der Reihe der bei Gründung der Akademie (1847) von Sr. Majestät Kaiser Ferdinand I. ernannten vierzig Akademiker.

Die anwesenden Mitglieder geben ihrem Beileide durch Erheben von den Sitzen Ausdruck.

Am 8. September erfolgte zu Charlottenburg bei Berlin das Ableben des ausländischen Ehrenmitgliedes wirkl. geh. Rath und Universitätsprofessor Dr. Hermann von Helmholtz.

Die Mitglieder erheben sich gleichfalls zum Zeichen des Beileids von den Sitzen.

Ferner bringt der Vorsitzende folgende an Se. Excellenz den Herrn Präsidenten der Akademie gelangte Mittheilungen zur Kenntniss, und zwar:

Ein Schreiben Sr. Excellenz des w. M. Herrn Dr. Cajetan Freiherrn von Felder, worin derselbe der kaiserl. Akademie den

Dank ausspricht für die ihm zu seinem 80. Geburtstage am 19. September l. J. dargebrachten Glückwünsche.

Ein Schreiben von Dr. A. Friedlowsky in Kreisbach, in welchem derselbe im Namen der Frau Hofrathswitwe Auguste Hyrtl der kaiserl. Akademie für die Theilnahme an der Leichenfeier ihres verewigten Gatten und für die gleichzeitige Kranzspende herzlich dankt; — desgleichen ein Dankschreiben Ihrer Excellenz Frau von Helmholtz in Charlottenburg für das ihr aus Anlass des Ablebens ihres Gemals von der kaiserl. Akademie übersandte Beileidstelegramm.

Der Secretär legt das im Auftrage Sr. k. u. k. Hoheit des durchlauchtigsten Herrn Erzherzog Ludwig Salvator, Ehrenmitgliedes der kaiserl. Akademie, von der Buchdruckerei Heinrich Mercy in Prag übersendete Werk: »Die Liparischen Inseln. III. Lipari« vor.

Im Laufe der Ferien sind folgende Publicationen der Classe erschienen:

Sitzungsberichte, Bd. 103. (1894), Abtheilung I, Heft IV bis V (April—Mai); Abtheilung II. a., Heft III—V (März—Mai), Heft VI (Juni) und VII (Juli); Abtheilung III, Heft I—IV (Jänner bis April).

Monatshefte für Chemie, Bd. 15. (1894), Heft VI (Juni), Heft VII (Juli) und Heft VIII (August); — ferner das General-Register zu den Bänden I—X dieser Monatshefte.

Für die diesjährigen Wahlen sprechen ihren Dank aus, und zwar:

Die Herren Dr. J. Breuer in Wien, Prof. Dr. G. Goldschmiedt und Prof. Dr. H. Molisch in Prag für die Wahl zu inländischen correspondirenden Mitgliedern — und

Herr A. Auwers, ständiger Secretär der königl. Akademie der Wissenschaften in Berlin für die Wahl zum ausländischen correspondirenden Mitgliede.

Herr Dr. Sigm. Fuchs, Assistent am physiologischen Institute der k. k. Universität in Wien, dankt für die ihm zur Vollendung seiner Untersuchungen über den Erregungsvorgang in den marklosen Nervenfasern der Wirbellosen bewilligte Subvention.

Der Secretär berichtet, dass die im laufenden Jahre unter der wissenschaftlichen Leitung des Herrn k. und k. Hofrathes Director Steindachner auf S. M. Schiff »Pola« unternommenen geologischen Forschungen in den grossen Tiefen der Adria erfolgreich durchgeführt wurden und dass das Expeditionsschiff unter Commando des k. und k. Fregatten-Capitän Mörth nach neunwöchentlicher Fahrt am 1. August wieder glücklich in den Hafen von Pola eingelaufen ist; — ferner dass auch die im Monate Mai l. J. von Herrn Dr. K. Natterer auf S. M. Schiff »Taurus« ausgeführten chemischen Untersuchungen im Marmara-Meere ganz entsprechende Resultate ergeben haben.

Das c. M. Herr Prof. Dr. Hans Molisch an der k. k. deutschen Universität in Prag übersendet eine Arbeit: »Die mineralische Nahrung der Pilze« (I. Abhandlung).

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

1. »Über die allgemeinen Beziehungen zwischen endlichen Deformationen und den zugehörigen Spannungen in äolotropen und isotropen Substanzen« — und
2. »Über das Kriterion der Connexialität zweier Mittelpunktsflächen zweiter Ordnung«, beide vorgenannten Arbeiten von Prof. Dr. J. Finger an der k. k. technischen Hochschule in Wien.
3. »Bemerkungen über Wärmeleitung«, von P. C. Puschl, Stiftscapitular in Seitenstetten.
4. »Über die zeitweilig verloren gehende elektrische Durchlässigkeit (Leitungsfähigkeit) unserer Metalle für Ströme von ganz geringer Spannung«, von Dr. A. Vietrzycki, k. k. Bezirksarzt in Brzesko (Galizien).

Ferner legt der Secretär folgende behufs Wahrung der Priorität eingesendete versiegelte Schreiben vor:

1. Von Dr. Isidor Altschul, k. Bezirksarzt in Stretraia (Rumänien), mit der Aufschrift: »Zwei Abhandlungen. I. Über das chemische Verhältniss des schlagenden Wetters; II. Über constantes Licht durch Influenz-Elektricität«.

2. Von Herrn Gustav Hirsch in Wien, mit der Aufschrift: »Vindex«, angeblich ein Mittel gegen die Reblaus.
3. Von Herrn Franz Müller, Schulleiter in Siegenfeld (Niederösterreich), mit der Aufschrift: »Leseapparat«.
4. Von Herrn Oswald Liss, Bauingenieur in Wien, mit der Aufschrift: »Sempre avanti«. Der Inhalt betrifft angeblich einen neuen Eisenbahn-Oberbau.
5. Von Dr. Norbert Herz in Wien, mit der Aufschrift: »Physik 744«. Dasselbe enthält angeblich die Principien einer Lösung des Problems des lenkbaren Luftschiffes.
6. Von den Herren Franz B. Smolik und Emil Plechawski in Wien, mit der Aufschrift: »Karte der Eisenbahnrouten zur Ermittlung der Entfernungen beliebiger Stationsverbindungen«.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. Ad. Lieben überreicht eine Arbeit aus dem chemischen Laboratorium der k. k. Universität in Czernowitz: »Über die Bildung von Naphtoldithiocarbonsäuren« von Prof. Dr. R. Přibram und C. Glücksmann.

Herr J. Liznar, Adjunct der k. k. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus, überreicht eine Abhandlung unter dem Titel: »Die Vertheilung der erdmagnetischen Kraft in Österreich-Ungarn zur Epoche 1890·0 nach den in den Jahren 1889 bis 1894 im Auftrage der kaiserl. Akademie ausgeführten Messungen« (I. Theil).

Herr Dr. Sigm. Fuchs, Assistent am physiologischen Institute der k. k. Universität in Wien, überreicht eine Abhandlung: »Über den zeitlichen Verlauf des Erregungsvorganges im marklosen Nerven«.

Schliesslich überreicht der Secretär, Hofrath Director J. Hann, eine Abhandlung des Herrn Eduard Mazelle, Adjunct am astronomisch-meteorologischen Observatorium in Triest, unter dem Titel: »Beziehungen zwischen den mittleren und wahrscheinlichsten Werthen der Lufttemperatur«.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Erzherzog Ludwig Salvator, Die Liparischen Inseln. III. »Lipari«, Prag, 1894; Folio.

Le Prince Albert Ier, Prince de Monaco, Résultats des Campagnes Scientifiques accomplie sur Son Yacht »l'Hirondelle«. Publiés sous la direction avec le concours du Baron Jules de Guerne, chargé des Travaux zoologiques à bord. Fascicule VII. Crustacés décapodes provenant des Campagnes 1886, 1887, 1888 par A. Milne-Edwards et E. L. Bouvier. Ière Partie. »Brachyures et Anomoures«. Imprimerie de Monaco, 1894; Folio.

Instituto Agronomico do Estado de São Paulo (Brazil) em Campinas, Relatorio Annual 1893. S. Paulo, 1894; 4°.

Liverpool Biological Society, Report upon the Fauna of Liverpool Bay. Vol. I. (with 10 plantes and 2 maps). London 1886; 8°. — Vol. II. (with 12 plantes and 1 chart). Liverpool, 1892; 8°.

Prinz W., Agrandissements des Photographies Lunaires. Publié sous les Auspices de M. E. Solvay. Observatoire Royal de Belgique. Partie d'un cliché obtenu au foyer du grand Réfracteur de Lick Observatory. Planche I. Agrandissement à 8 diametres; Planche II. Agrandissement à 24 diametres; Planche III. Agrandissement à 33 diametres.

Über den zeitlichen Verlauf des Erregungsvorganges im marklosen Nerven

von

Dr. Sigmund Fuchs,

Assistenten am physiologischen Institute der k. k. Universität Wien.

(Mit 3 Tafeln und 2 Textfiguren.)

Unter den fundamentalen Aufgaben in der allgemeinen Physiologie der irritabelen Substanzen nimmt die Frage nach dem zeitlichen Ablaufe des Erregungsvorganges in denselben seit H. v. Helmholtz's grundlegenden Untersuchungen[1] einen hervorragenden Platz ein. Nachdem er für den quergestreiften Froschmuskel zuerst den zeitlichen Verlauf der rasch vorübergehenden Contraction, welche ein einziger momentaner Reizstoss in demselben auslöst, der sogenannten Zuckung, festgestellt hatte, gelang es ihm in derselben Untersuchungsreihe auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung, zunächst im motorischen Froschnerven, mit so grosser Genauigkeit zu messen, dass die für dieselbe gefundene Zahl fortan den Rang einer physiologischen Constanten einnimmt. Er war ferner der erste, welcher die Leitungsgeschwindigkeit auch in den sensiblen Nerven des Menschen bestimmte und den Reflex-

---

[1] H. v. Helmholtz, Monatsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1850, S. 14. — Comptes rendus. T. XXX, p. 204. — Derselbe: Messungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckung animalischer Muskeln und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven. Archiv für Anatomie u. s. w. 1850, S. 276. — Wissenschaftliche Abhandlungen Bd. II, Leipzig 1883, S. 764. — Derselbe: Messungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven. Zweite Reihe. Archiv für Anatomie u. s. w. 1852, S. 199. — Wissenschaftliche Abhandlungen Bd. II, Leipzig, 1883, S. 844.

vorgang in seinen zeitlichen Verhältnissen zergliederte.[1] Endlich hat er in Gemeinschaft mit N. Baxt auch an den motorischen Nerven des Menschen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit bei gänzlichem Ausschlusse cerebraler Processe gemessen.[2] Diese Untersuchungen waren der Ausgangspunkt für eine ganze Reihe von Arbeiten, welche theils eine Wiederholung derselben bildeten, theils für den Nerven, der uns hier zunächst angeht, die Abhängigkeit der Leitungsgeschwindigkeit von verschiedenen physiologischen Umständen festzustellen versuchten.

Auch für den marklosen Nerven der Evertebraten fehlt es nicht an Versuchen, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung zu messen, wenn auch die Zahl der hiehergehörigen Arbeiten eine verhältnissmässig geringe ist. Die ersten diesbezüglichen Beobachtungen sind von A. Fick[3] publicirt worden. Er hat an einem Nervmuskelpräparate von *Anodonta*, welches aus dem doppelten Verbindungsstrange zwischen dem Kiemenganglion und den beiden Labialganglien, dem hinteren Schliessmuskel und den betreffenden Schalenstücken bestand, nach der myographischen Methode die Fortpflanzungsgeschwindigkeit gemessen und gefunden, dass dieselbe im Ver-

---

[1] H. v. Helmholtz, Über die Methoden, kleinste Zeittheile zu messen, und ihre Anwendung für physiologische Zwecke. Gelesen in der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg am 13. December 1850. Abgedruckt in den Königsberger naturwissenschaftlichen Unterhaltungen, Bd. II. Heft 2, S. 1. — Wissenschaftliche Abhandlungen Bd. II, Leipzig 1883, S. 862. — Derselbe: Über die Geschwindigkeit einiger Vorgänge in Muskeln und Nerven. Monatsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 15. Juni 1855, S. 328. — Wissenschaftliche Abhandlungen Bd. II, Leipzig 1883, S. 881.

[2] H. v. Helmholtz, Mittheilung, betreffend Versuche über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den motorischen Nerven des Menschen, welche Herr N. Baxt aus Petersburg im Physiologischen Laboratorium zu Heidelberg ausgeführt hat. Monatsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 29. April 1867, S. 228. — Wissenschaftliche Abhandlungen Bd. II, Leipzig 1883, S. 932. — Derselbe: Neue Versuche über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den motorischen Nerven der Menschen, ausgeführt von N. Baxt aus Petersburg. Monatsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 31. März 1870, S. 184. — Wissenschaftliche Abhandlungen Bd. II, Leipzig 1883, S. 939.

[3] A. Fick, Beiträge zur vergleichenden Physiologie der irritabelen Substanzen. Braunschweig 1863, S. 66.

gleiche zu der im motorischen Froschnerven eine sehr geringe ist. Ihr absoluter Werth dürfte in der Regel kaum grösser sein, als 1 *cm* pro Secunde.

Aus den Untersuchungen von Fick floss weiter das wichtige Resultat, dass sich ein starker Reiz in der Nervenfaser rascher fortpflanzt, als ein schwacher.

Dann haben L. Fredericq und G. Vandevelde[1] dieselbe Grösse für die Scheerennerven des Hummers bestimmt. Sie arbeiteten nach der zweiten von v. Helmholtz angewendeten Methode, der myographischen, indem sie den Nerven einmal an einer dem Muskel näheren, ein anderesmal an einer vom Muskel entfernteren Stelle durch einen einzelnen Inductionsschlag reizten und die Verschiebung der beiden Curven gegen einander beobachteten. Bei bekannter Umdrehungsgeschwindigkeit des Myographioncylinders lässt sich dann aus der Distanz der erregten Stellen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit innerhalb des Nerven berechnen, welche sie im Durchschnitte zu 6 *m* pro Secunde bestimmten. Sie konnten ferner zeigen, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des motorischen Impulses innerhalb der motorischen Nervenendigungen eine beträchtliche Verzögerung erfährt.

Obiger Werth für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit wurde zu Gent während der Monate Februar und März des Jahres 1879 bei einer Temperatur zwischen +10° und +12° C. gefunden. Als die beiden Forscher[2] die Versuche zu Roscoff während der Sommermonate bei Temperaturen zwischen +18° und +20° C. wiederholten, fanden sie für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit einen Werth von 10—12 *m* pro Secunde.

In neuester Zeit endlich hat J. v. Uexküll[3] in der zoologischen Station zu Neapel an den Mantelnerven von *Eledone*

---

[1] L. Fredericq et G. Vandevelde, Physiologie des muscles et des nerfs du Homard. Bulletins de l'Académie royale de Belgique. 2me série, t. XLVII, p. 6; juin 1879.

[2] L. Fredericq et G. Vandevelde, Vitesse de transmission de l'excitation motrice dans les nerfs du Homard. Comptes rendus. T. XCI, p. 239.

[3] J. v. Uexküll, Physiologische Untersuchungen an *Eledone moschata*. III. Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung in den Nerven. Zeitschrift für Biologie. Bd. XXX, N. F. XII, S. 317.

moschata die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung nach derselben Methode gemessen. Die von ihm gefundenen Zahlen schwanken annähernd zwischen 400 *mm* und 1 *m* in der Secunde, ohne beide Grenzwerthe zu erreichen; es zeigte sich ferner, dass die Wirkung der Abkühlung, wie sie seit v. Helmholtz's Versuchen bekannt ist, auch hier deutlich zu erkennen war; eine Erwärmung des Nerven über die Zimmertemperatur war unzulässig, da er infolge derselben sofort abstirbt. Weiter ergab sich, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung bei wiederholten Versuchen an demselben Nervmuskelpräparate rasch absank, was durch ein vom Centrum nach der Peripherie fortschreitendes Absterben des Nerven zu erklären ist. Von grossem Interesse sind auch noch die Angaben v. Uexküll's über die Function des Ganglion stellatum, mit welchem sich der Nerv beim Übertritte in den Mantel selbst vereinigt. Von dem Ganglion strahlen seitlich eine grössere Anzahl von Nerven, die Stellarnerven, aus, welche die Mantel- und Hautmusculatur versorgen.

»Bei Reizung der Stellarnerven kommt sofort die zunächst liegende Musculatur in Thätigkeit und dann nach und nach die entferntere im Tempo der Leitungsgeschwindigkeit der Nerven. Bei Reizung vor dem Ganglion wird die Contraction der nächstliegenden Musculatur verzögert, was durch den sanfteren Anstieg der Curve ausgedrückt wird. Dafür ist aber der Curvengipfel spitzer, was darauf hinweist, dass der Gesammteffect aller Muskeln auf eine kürzere Zeit zusammengedrängt ist. Demnach scheint das Ganglion stellatum eine Art Correctur für die langsame Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu liefern, indem es die Musculatur des Mantels befähigt, mehr synchronische und daher effectvollere Bewegungen auszuführen. Anatomisch wird man sich das wohl so vorzustellen haben, dass eine Anzahl der früher endigenden Nerven eine oder mehrere Zellen passiren müssen, die entfernteren aber frei durchgehen. Thatsächlich scheinen die Differenzen beider Reizungen besser ausgesprochen zu sein, wenn man ein näheres, als wenn man ein entfernteres Muskelstück schreiben lässt. Das Ganglion stellatum wird man daher, ungeachtet seiner feststehenden Homologie mit dem Mantelganglion der Lamelli-

branchiaten, als ein rein peripheres, und die Mantelnerven mit den Stellarnerven zusammen als periphere Nerven anzusehen haben und nicht als Verbindungsnerven zweier Centralorgane.«

Diese Verzögerung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit durch das Ganglion stellatum ist natürlich eine Erscheinung ganz anderer Art, als das Verhalten der negativen Schwankung beim Durchtritte durch die Spinalganglien des Frosches. An diesen hat S. Exner[1] gezeigt, dass die negative Schwankung durch die Ganglienzelle hindurchgeht, wie sie durch eine ebenso lange Nervenstrecke hindurchgehen würde, ohne dabei unter den ihm vorliegenden Bedingungen eine Verzögerung zu erleiden.

In allen diesen Versuchen wurde aus dem Beginne der Muskelzuckung die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung bestimmt; aber auch am Nerven selbst gibt es, wie E. du Bois-Reymond[2] schon im Jahre 1843 gezeigt hatte, ein objectives Zeichen für den Erregungsvorgang, die von ihm sogenannte negative Schwankung des von Längs- und Querschnitt abgeleiteten Ruhestromes. Diese Bewegungserscheinung des Stromes, welche ihr Entdecker zunächst nur für die tetanische Erregung feststellen konnte, war der Ausgangspunkt für die Untersuchungen von J. Bernstein.[3] Mit Hilfe des von ihm construirten Differentialrheotoms, das auf einem schon von du Bois-Reymond ersonnenen Principe beruht, gelang es Bernstein zunächst zu zeigen, dass die negative Schwankung auch im Gefolge eines einzelnen Inductionsschlages eintritt; er konnte ferner ihre Dauer und die Curve, nach welcher dieselbe verläuft, feststellen. Weiter hat er gefunden, dass der

---

[1] S. Exner, In welcher Weise tritt die negative Schwankung durch das Spinalganglion? Monatsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1877, S. 729.

[2] E. du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektricität. II. Band, 1. Abth., Berlin 1849, S. 425. Der betreffende Versuch war bereits im Sommer 1843 angestellt worden.

[3] J. Bernstein, Über den zeitlichen Verlauf der negativen Schwankung des Nervenstromes. Pflüger's Archiv, Bd. I, S. 173, wieder abgedruckt in J. Bernstein's Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsystem. Heidelberg 1871.

Beginn der negativen Schwankung um so später erfolgt, je weiter die Reizstelle von der abgeleiteten Strecke entfernt ist; misst man die Zeiten zwischen Reizmoment und Beginn der Schwankung bei verschiedenen Abständen der Reizstelle, so lässt sich aus den Differenzen dieser Zeiten die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung bestimmen. Es ergab sich so, dass diese Geschwindigkeit dieselbe ist, wie die auf einem ganz anderen Wege festgestellte Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Erregungsvorganges selbst. Da sich weiter zeigen liess, dass auch die Schwankung, sowie die Erregung, vom Orte der Reizung nach beiden Seiten hin sich fortpflanzt, so konnte es keinem Zweifel unterliegen, dass der Vorgang der Erregung in der Nervenfaser und derjenige Vorgang, welchen wir durch die Erscheinung der negativen Schwankung des Nervenstromes wahrnehmen, ein und derselbe ist. Durch die Versuche von Bernstein war also auch ein neues Princip für die Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung gegeben, indem man einfach an die Stelle der Muskelzuckung die Einwirkung des Nerven selbst auf das Galvanometer beobachtete. Die so geschaffene Methodik erwies sich als überaus fruchtbar in einer ganzen Reihe sich an die Bernstein'schen anschliessender Untersuchungen anderer Autoren. Überblickt man jedoch dieselben, so fällt vor Allem auf, dass sie sich »fast ausschliesslich nur mit einem einzigen Gegenstande beschäftigen, nämlich mit der quergestreiften Muskelfaser und dem motorischen Nerven des Frosches. Es ist freilich wohl denkbar, dass ein Vorgang, wie die Zusammenziehung der quergestreiften Froschmuskelfaser vollständig, d. h. als unter den gegebenen Bedingungen nothwendige Wirkung überall wirksamer Kräfte der bestimmten materiellen Theilchen von uns erkannt würde, ohne dass wir auch nur einen Augenblick unsere Aufmerksamkeit irgend einem anderen analogen Vorgange zugewandt hätten. Dass wir indessen zu dieser Erkenntniss — wofern überhaupt — voraussichtlich rascher und mit geringerer Anstrengung gelangen, wenn wir neben dem einen Vorgang gleichzeitig analoge Vorgänge an ähnlichen anderen Körpern untersuchen und mit jenem vergleichen, dürfte schwerlich bezweifelt werden. Hier wie überall wird Vergleichung ein

mächtiger Hebel des Verständnisses sein. Hier wie auf allen Gebieten wird Ausdehnung der Forschung in die Breite auch ihre Vertiefung fördern«.

II. Veranlassung und Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen. Versuchsanordnung. Kritisches zur Methodik.

Diese von Fick[1] ausgesprochenen Überlegungen waren für mich die Veranlassung, während eines mehrmonatlichen Aufenthaltes in der zoologischen Station zu Neapel an die Aufgabe zu gehen, an dem marklosen motorischen Nerven eines Wirbellosen die zeitlichen Verhältnisse im Ablaufe der negativen Schwankung in eben derselben Weise durchzuarbeiten, wie dies von Bernstein u. A. am markhaltigen motorischen Froschnerven geschehen war. Die Lösung dieser Aufgabe schien nicht aussichtslos, da zunächst aus den Untersuchungen von W. Kühne und J. Steiner[2] am marklosen Nerven eines Wirbelthieres, dem N. olfactorius des Hechtes, auf welche weiter unten noch zurückzukommen sein wird, sich ergeben hatte, dass keinerlei wesentlicher Unterschied zwischen den elektrischen Eigenschaften der marklosen und der markhaltigen Nerven weder in der Ruhe noch in der Thätigkeit, weder im gereizten noch im ungereizten Zustande bestehe.

Einige Jahre später hatte dann W. Biedermann[3] an den marklosen Nerven eines Evertebraten, den »Verbindungsnerven« von *Anodonta cygnea* regelmässig sehr bedeutende Wirkungen im Sinne eines gesetzmässigen Nervenstromes beobachtet. »Bei einem Abstand der Boussole-Elektroden von 5—7 *mm* schwankte diesfalls die Grösse der Ablenkungen zwischen 60 und 200 Scalentheilen, Werthe, welche man

---

[1] A. Fick, l. c. S. 1.

[2] W. Kühne und J. Steiner, Beobachtungen über markhaltige und marklose Nervenfasern. Untersuchungen aus dem physiolog. Institute der Universität Heidelberg. Bd. III, Heidelberg 1880, S. 156 ff.

[3] W. Biedermann, Beiträge zur allgemeinen Nerven- und Muskelphysiologie. Neunzehnte Mittheilung. Über das elektromotorische Verhalten des Muschelnerven bei galvanischer Reizung. Diese Sitzungsberichte. XCIII. Band III. Abth., Jahrgang 1886, S. 60.

gewiss als sehr gross bezeichnen muss, wenn man berücksichtigt, dass beide zusammengelegten Verbindungsnerven noch bei weitem nicht die Dicke eines Froschischiadicus erreichen und dass einem solchen unter gleichen Verhältnissen höchstens ein Ausschlag von 70 Scalentheilen entspricht. Rückt man bei unverändertem Abstand die Boussolelektroden allmälig von der Demarcationsfläche ab, so findet man rasch abnehmende Spannungsdifferenzen in der Continuität des Nerven (»schwache Längsschnittsströme«), deren Vorhandensein von Kühne und Steiner auch am Hechtnerven festgestellt wurde.«

Die Untersuchungen von v. Uexküll[1] an dem marklosen Mantelnerven von *Eledone moschata* hatten ferner ergeben, dass auch hier bei tetanisirender Reizung das Verhältniss zwischen Ruhestrom und negativer Schwankung, mit dem Capillarelektrometer geprüft, ungefähr dasselbe ist, wie am motorischen Froschnerven, wobei allerdings der Ruhestrom des Cephalopodennerven nur etwa den dritten Theil, höchstens die Hälfte des für den Frosch gefundenen Betrages erreichte. Ich habe desshalb zur Ausführung meiner Versuche ebenfalls den Mantelnerven der Cephalopoden gewählt, und zwar nicht nur den von *Eledone moschata* Leach; theils aus äusseren Gründen, theils um eine breitere Basis für den Vergleich der uns hier interessirenden Verhältnisse zu haben, wurden auch noch drei andere Cephalopodenspecies: *Eledone Aldrovandi* Vér., *Scaeurgus tetracirrus* Tib. und *Octopus vulgaris* Lam. in die Untersuchung einbezogen. Die Präparation des Mantelnerven geschah im Wesentlichen nach den von v. Uexküll[2] gegebenen Vorschriften, die ich hier mit seinen eigenen Worten anführe: »Um das Thier zu tödten, setzt man es in eine Präparirschale und öffnet ihm dann mit einem Schnitt in der Medianlinie zwischen den Augen die knorplige Schädelkapsel und zerstört das Supraoesophagealganglion. Hierauf werden die Arme abgetragen, die noch nach einer halben Stunde spon-

[1] J. v. Uexküll, Physiologische Untersuchungen an *Eledone moschata*. Zeitschrift für Biologie, Bd. XXVIII, N. F. X, S. 560.

[2] J. v. Uexküll, Physiologische Untersuchungen an *Eledone moschata*. Zeitschrift für Biologie. Bd. XXVIII, N. F. X, S. 551.

tane Bewegungen zeigen. Ein Schnitt in der Nähe der Mittellinie durch die Bauchfläche des Mantels öffnet die Kiemenhöhle. Wird sodann der mediane Muskelbalken an seiner Insertion am Mantel durchgeschnitten, so klappen die beiden Mantelhälften nach links und rechts auseinander. Jetzt liegt das Operationsfeld frei. Der Mantelnerv ist leicht zu finden; jederseits nahe dem Mantelrande verbindet ein platter Muskelbalken den Körper mit dem Mantel. In ihm liegt der Nerv, der beim Übertritt in den Mantel selbst sich mit dem charakteristischen Ganglion stellatum vereinigt. Nun wird der für die weiteren Eingriffe störende Trichter vollkommen abgetragen und das Thier mit der linken Hand ins Handtuch genommen und.... der Zeigefinger von oben her unter den Muskelbalken gesteckt.

Die schräg vorgezogene Muskelduplicatur entfernt man durch einen seitlichen Schnitt, dann geht man mit einer spitzen Scheere seitlich vom durchschimmernden Nerven in die Musculatur mit einem langen Schnitt ein. (Am besten führt man den ersten Schnitt in der Richtung vom Körper zum Mantel.) Die Wände des musculösen Hohlraumes, in dem der Nerv liegt, klaffen auseinander und der Nerv wird frei. Es ist vortheilhaft, das ihm anhaftende Bindegewebe gleich jetzt abzuschneiden. Damit ist die periphere Hälfte des Nerven präparirt.

Um der centralen Hälfte beizukommen, sticht man dicht oberhalb (d. h. kopfwärts) des Nerven mit der spitzen Scheere durch die Leibeswand und führt einen schräg nach oben verlaufenden Schnitt bis zum Kopf. Die Leibeswand klafft, und häufig springt die untere Speicheldrüse vor. Sie wird herausgezogen... und abgeschnitten. Nun ist der weitere Verlauf des Nerven erkennbar. Etwas störend ist es, dass die Gewebe weiss sind und spiegeln. Um dem Nerv bequem beizukommen, schneidet man nun auch unterhalb des Nerven, dem Verlauf desselben folgend, die Leibeswand durch, so dass derselbe auf ein schmales musculöses Band zu liegen kommt, das man nach Belieben über den Finger nehmen und dehnen kann. Die Freilegung des Nerven erfolgt wieder durch sorgfältiges Abtrennen des Bindegewebes. Darauf wird er selbst central durchschnitten. Eine Wirkung dieses Schnittes auf das Erfolgsorgan

ist nicht erkennbar.[1] Der sich stark zusammenziehende Nerv wird nun, nachdem das Thier hingelegt worden, am centralen Ende mit der Pincette gefasst, gehoben und zurückgeschlagen, wobei das etwa noch anhaftende Bindegewebe und einige abgehende Nervenfasern durchschnitten werden«.

Ich habe sodann den Nerven knapp vor der Vereinigungsstelle mit dem Ganglion stellatum durch einen scharfen Schnitt von demselben getrennt und ihn mit dem so geschaffenen künstlichen Querschnitte an eine du Bois-Reymond'sche Thonstiefel-Elektrode angelegt, während eine zweite dem Längsschnitte anlag. In vielen Fällen benützte ich bei *Eledone* beide Mantelnerven, die an ihren centralen Enden zusammengebunden, ihrer Länge nach aneinander lagen. Durch diesen zuerst von Bernstein[2] benutzten Kunstgriff wird bewirkt, dass die zu beobachtenden galvanischen Erscheinungen stärker hervortreten und ausserdem die Nerven nicht so leicht austrocknen, als wenn man sie einzeln benützt.

Was die weitere Versuchsanordnung betrifft, so ist darüber Folgendes zu bemerken.

Um die zeitlichen Verhältnisse beim Ablaufe der negativen Schwankung festzustellen, bieten sich zwei Wege. Zunächst konnte man daran denken, mittelst eines einzelnen Inductionsschlages die negative Schwankung hervorzurufen und dieselbe eine genau gemessene und in ihrem zeitlichen Abstande vom Reizmoment beliebig zu variirende Zeit nach der Reizung durch die Windungen des Galvanometers zu leiten, dessen Kreis möglichst kurze Zeit geschlossen bleibt. Oder aber man konnte jenes Multiplicationsverfahren anwenden, das der Construction des Bernstein'schen Differentialrheotoms zu Grunde liegt. Eine kritische Vergleichung beider Methoden habe ich[3] in einer kürzlich erschienenen Abhandlung gegeben, worauf hier

---

[1] In einzelnen Fällen habe ich selbst allerdings im Gefolge der centralen Nervendurchschneidung eine rasche kräftige Zusammenziehung der Mantelmusculatur eintreten sehen.

[2] J. Bernstein, l. c. S. 181.

[3] S. Fuchs, Untersuchungen über die im Gefolge der Belichtung auftretenden galvanischen Vorgänge in der Netzhaut und ihren zeitlichen Verlauf. I. Mittheilung, Pflüger's Archiv, Bd. LVI, S. 427 ff.

hinzuweisen genügen wird. Die Methode der Einzelreizungen war auch in diesem Falle nicht durchzuführen; denn die negative Schwankung, welche im Gefolge eines einzelnen Inductionsschlages auftritt, ist eine so minimale, dass ich ohne Multiplication auch unter Zuhilfenahme sehr empfindlicher stromprüfender Vorrichtungen bei der principiell zu fordernden kurzen Schliessungsdauer des Boussolekreises keine irgendwie merklichen Ausschläge erhielt. Sonach musste das Bernstein'sche Repetitionsverfahren in Anwendung kommen. Das von mir benützte Rheotom war nicht die ursprüngliche Bernstein'sche Construction, sondern ein von Schoenlein[1] modificirter Apparat, der sich von ersterer in Folgendem unterscheidet. Eine principielle Verschiedenheit zwischen beiden Apparaten besteht zunächst darin, dass in dem Schoenlein'schen der Strom, dessen Schwankungen ihrem zeitlichen Verlaufe nach studirt werden sollen, dauernd geschlossen bleibt, und zwar dadurch, dass er von der Boussole durch eine am Rheotom angebrachte gute Nebenschliessung, den »Rheotomschlüssel«, abgeblendet wird. Die periodische Öffnung derselben, während welcher also der Strom in die Windungen des Galvanometers eintritt, ist einem am Rheotomrade angebrachten Stifte, dem »Boussolestifte« übertragen, welcher dem zur Schliessung, respective Öffnung des Reizcontactes dienenden »Contactstift« diametral gegenübersteht. Das Rheotom trägt weiter drei Reizcontacte, von denen ich bei Ausführung meiner Untersuchung nur einen benützte.

Da der Gebrauch des Rheotomschlüssels grössere Reibungswiderstände einführt, als der Quecksilbercontact und die Benutzung der drei Reizcontacte ebenfalls gewisse Hindernisse für die Bewegung des Rheotomrades bietet, so hat Schoenlein dasselbe durch eine massive, 2 *mm* starke Messingscheibe von 20 *cm* Durchmesser ersetzt und dann auch noch die Axe des Rades, welche überdies eine Schreibtrommel von 12·5 *cm* Höhe und 22 *cm* Umfang trägt, verstärkt, sowie unter die Scheibe einen starken Schwungkranz gelegt. Über die Construction und

---

[1] K. Schoenlein, Versuche über den zeitlichen Verlauf des Muskelstromes im Tetanus. Pflüger's Archiv Bd. XLV, S. 134 ff.

Wirkungsweise des Rheotomschlüssels sowohl, als auch des ganzen Apparates, welcher durch einen kleinen elektromagnetischen Motor, der im Principe mit dem von v. Helmholtz construirten und von S. Exner[1] beschriebenen übereinstimmt, mögen ausser der oben genannten Abhandlung von Schoenlein auch noch die Arbeiten von L. Wolf,[2] J. David[3] und B. Wapler[4] eingesehen werden. Ich selbst kann nach einer Reihe von Versuchen, die ich mit diesem Apparate ausgeführt habe, nur die Präcision und Sicherheit, mit welcher derselbe arbeitet, hervorheben, wofür auch noch im Folgenden, wenn von der Bestimmung der Boussolezeit die Rede sein wird, sich Belege ergeben werden.

Die ganze Anordnung der Versuche lässt sich am besten aus nebenstehender schematischer Zeichnung (Fig. 1) ersehen; sie ist, von einzelnen Modificationen abgesehen, wie sie durch den Zweck meiner Versuche bedingt waren, dieselbe, wie sie Schoenlein, und nach ihm David und Wapler angewendet hatten, und war, als ich meine Versuche begann, schon zur Ausführung einer anderen Versuchsreihe aufgestellt worden. Sie gestaltete sich nur dadurch complicirter, als die von diesen Untersuchern benützte, dass ich noch Vorrichtungen eingeschaltet hatte, welche jedesmal auch eine Messung der elektromotorischen Kraft des Nervenstromes gestatteten. In dem Schema bedeutet *Rh* das Rheotom, dessen Rad durch einen seiner Durchmesser *D* repräsentirt, an seiner Peripherie einerseits den Contactstift und an einer diametral gegenüberliegenden Stelle den Boussolestift trägt. Von den drei horizontal

---

[1] S. Exner, Über die zu einer Gesichtswahrnehmung nöthige Zeit. Diese Sitzungsberichte, II. Abtheil., Octoberheft, Jahrgang 1868, S. 2 ff. des Separat-Abdruckes.

[2] L. Wolf, Versuche über Doppelreizung bei isometrischer Muskelthätigkeit nebst Beschreibung eines neuen Spannungsmessers. Inauguraldissertation. Würzburg 1889.

[3] J. David, Versuche über den zeitlichen Verlauf der tetanischen Erregungsvorgänge am blutdurchströmten Kaninchenmuskel. Inauguraldissertation. Würzburg 1890.

[4] B. Wapler, Beiträge zur Kenntniss der tetanischen Erregungsvorgänge am Froschmuskel. Inauguraldissertation. Würzburg 1890.

und radial zur Rheotomaxe aufgestellten und von einander isolirten Contactdrähten, über welche der Contactstift hinwegzugleiten hat, ist einer *a* durch eine metallische Verbindung mit dem Vorreiber *α* verbunden, von welchem letzteren wieder

Fig. 1.

eine metallische Verbindung zur rechten Seite eines du Bois-Reymond'schen Schlüssels S_2 geht. Von der rechten, wie von der linken Seite dieses Schlüssels führt je ein Draht zu je einer Klemme des Stromumschalters *U*, von der linken Seite des Schlüssels ausserdem ein zweiter Draht nach Durchsetzung

der primären Spirale P zur Batterie K des Reizkreises. Der andere Pol der Batterie ist in der von Bernstein angegebenen Weise durch die Axe des Instrumentes zum Contactstift geführt.

Dem Contactdrahte, respective seinem Träger gegenüber, steht unveränderlich fest auf der mit Gradeintheilung versehenen Grundplatte des Instrumentes der Rheotomschlüssel; er ist einerseits mit der linken Seite des Schlüssels S_3 und der rechten Seite des Schlüssels S_4, anderseits mit einem Klemmenpaar des Umschalters U verbunden. Die Elektrodendrähte endlich führen von Quer- und Längsschnitt des Nerven N in ein drittes Klemmenpaar des Umschalters U.

Sind die Riegel des Umschalters, welcher mit dem Rheotomschlüssel RS dauernd verbunden ist, in der Richtung mm' eingestellt, so geht der Nervenstrom durch RS zum Galvanometer, falls die gute Nebenschliessung im Rheotomschlüssel aufgehoben und der Schlüssel S_3 geschlossen, der Schlüssel S_4 aber offen ist. Der Reizstrom kann dabei, so lange der Schlüssel S_2 offen ist, überhaupt nicht geschlossen werden; nach Schliessung desselben kann er, wenn α geschlossen ist, den Reizcontact a durchsetzen.

Ist der Umschalter in der Lage ss' eingestellt, so hat der Reizstrom jedesmal, wenn der Contactstift den Contactdraht passirt, zwei Wege frei, den einen durch die Contactbahn, den anderen durch den Rheotomschlüssel, zu welchem der Riegel des Schlüssels S_2 die Nebenschliessung bietet. Nach Öffnung des Schlüssels S_2 und Aufhebung der guten Nebenschliessung im Rheotomschlüssel kann dann nur der Umweg durch die Boussoleableitung vom Strome betreten werden, und man kann durch Verschiebung des Contactes längs der Peripherie der die Grundtheilung tragenden Scheibe die Zeitdauer der Zuführung des Nervenstromes zur Boussole leicht in bekannter Weise ermitteln.

Die Bestimmung der Ableitungsdauer (Boussolezeit) kann zunächst dadurch geschehen, dass, nachdem die schon erwähnten Umschaltungen in der Stromleitung (der Umschalter liegt nach ss', der Schlüsse S_2 ist offen) vorgenommen worden sind, man die Stellungen des Schiebers aufsucht, bei welchen die ersten

und letzten Ablenkungen auftreten. Da man aber bei Rheotomversuchen eine mehrgliederige Säule hintereinander verbundener Elemente verwendet, würden die ins Galvanometer gelangenden Stromstösse ganz beträchtliche sein; man kann die Intensität derselben dadurch wesentlich verringern, dass man den Schlüssel S_4 fortwährend geschlossen lässt; auch dann war die im Galvanometerkreise herrschende Stromintensität genügend, um bei der grossen Empfindlichkeit des Instrumentes — ich benützte ein Hermann'sches Galvanometer mit sechsmal 4000 hintereinander geschalteten Windungen aus der Werkstätte von Plath in Potsdam — auch bei rotirendem Rheotom in den kritischen Stellungen jedesmal eine deutliche Ablenkung hervorzurufen.

Eine zweite Methode zur Bestimmung der Ableitungsdauer beruht auf der Zuhilfenahme des Telephons *T*, welches an Stelle der Boussole mit dem Rheotomschlüssel verbunden wird.[1] Über diese Methode wäre noch Folgendes zu bemerken. Schoenlein[2] hatte bei Prüfung seines Instrumentes gefunden, dass auch bei Benützung nur eines Daniell'schen Elementes der Widerstand der Nebenschliessung im Rheotomschlüssel nicht gering genug ist, um jede Ablenkung der Scala bei dauerndem Stromschluss zu verhindern. »Dieselbe bleibt bei den kurzen Stromstössen, welche das Galvanometer durchfahren, sobald demselben die Ströme durch den Reizcontact zugeführt werden, aus, so lange der Stromschluss nicht gerade zu der Zeit geschieht, wo die Nebenschliessung offen ist. Im Telephon jedoch nimmt man diesfalls immer ein schwaches Ticken wahr. Dasselbe verstärkt sich plötzlich, wenn diejenige Stellung des Contactträgers aufgesucht wird, bei welcher Stromschluss und Öffnung des Rheotomschlüssels zusammenfallen. Ehe diese Stellung erreicht ist und in derselben wechselt die Schallstärke, wenn der Contact nur auf eine leise Berührung der Contact-

[1] Vergl. hierüber L. Hermann, Untersuchungen zur Lehre von der elektrischen Muskel- und Nervenreizung. IV. Über wellenartig ablaufende galvanische Vorgänge am Kernleiter. Nach Versuchen von L. Hermann und Dr. D. W. Samways aus Cambridge. Pflüger's Archiv Bd. XXXV, S. 7.

[2] K. Schoenlein, l. c. S. 141.

flächen eingestellt ist, zwischen bestimmten Grenzen hin und her. Macht man den Contact kräftiger, so wird die Schallstärke constant und bleibt auch in der kritischen Schieberstellung sich gleich. Sobald dieselbe überschritten ist, wandelt sich das Ticken in einen scharfen Knall um, der auch, natürlich bedeutend leiser, zu hören ist, wenn man das Telephon vom Ohr entfernt und neben sich auf den Tisch stellt.« Schoenlein schätzt die Strecke, innerhalb welcher sich diese Schallumwandlung vollzieht, auf etwa den vierzigsten Theil eines Rheotomgrades; sie wurde bei der in den meisten Versuchen eingehaltenen Umlaufszeit von 0·2 Secunden bestimmt und vollzog sich demnach in etwa 0·00005 Secunden. Das Ende der Boussoleableitung markirt sich in gleicher Weise wie der Anfang.

Um auch nach dieser Methode jederzeit bequem die Ableitungszeit bestimmen zu können, war der Schlüssel S_3 eingeschaltet worden, dessen linke und rechte Seite mit je einer Telephonklemme verbunden sind. Wird das Telephon benützt, so sind natürlich die Schlüssel S_2 und S_3 offen, der Schlüssel S_4 ist geschlossen, der Umschalter hat die Stellung ss'. In meinen Versuchen habe ich die Boussolezeit gewöhnlich nach beiden Methoden bestimmt, sowohl nach der schon von Bernstein angegebenen, bei welcher der Contactstift auf dem Contactdraht festgeklemmt und der Schieber so lange mit der Hand verschoben wurde, bis eine Ablenkung im Galvanometer eintrat, respective wieder verschwand, als auch nach der telephonischen. Die beiden so gewonnenen Werthe stimmten in hohem Grade überein; es ist dies ein neuer Beweis für das prompte Functioniren der in dieser Construction benützten Contacte, die wohl allen früheren weit überlegen sind. Die so gefundenen Constanten des Instrumentes änderten sich auch nach vielen Stunden, ja sogar nach einigen Tagen nicht in merklicher Weise.

Noch einige Bemerkungen über Compensation und Messung der elektromotorischen Kraft des Nervenstromes. Bei der in meinen Versuchen benützten Anordnung ist eine Compensation des vom Nerven abgeleiteten Ruhestromes nicht durchführbar, weil bei constant durch den Rheotomschlüssel geschlossenem Nervenkreise sich in diesem letzteren keinerlei

strompriifende Vorrichtung befindet. Ein Arbeiten mit compensirtem Ruhestrome wäre nur dann möglich, wenn noch ein zweites Galvanometer G_1 eingeschaltet würde, wie es beistehendes Schema (Fig. 2) zeigt, das wohl ohne weitere Erläuterung verständlich sein wird.

Ich selbst habe auch durchwegs mit uncompensirtem Nervenstrome gearbeitet, und es kann die Frage entstehen, ob

Fig. 2.

ein solches Verfahren ohne Weiteres angewendet werden dürfe und nicht mancherlei Bedenkliches habe. Die Compensation des Ruhestromes bei Untersuchungen über negative Schwankung kann zweierlei Ziele verfolgen. Zunächst könnte man vermeiden wollen, dass, worauf Bernstein[1] zuerst hingewiesen hat, ohne Compensation bei rotirendem Rheotom der Nerv fortwährend durch die Schliessungen und Öffnungen seines eigenen Stromes gereizt werde. Dass dies in der That

[1] J. Bernstein, l. c. S. 182.

geschehen kann, hat schon du Bois-Reymond[1] mittelst des physiologischen Rheoskopes nachgewiesen. Er legte die centrale Strecke des N. ischiadicus mit Längs- und Querschnitt den Bäuschen seiner Zuleitungsgefässe an und schloss den Kreis, in welchem ein Quecksilbergefäss eingeschaltet war, mittelst eines verquickten Kupferhakens. Bei der Schliessung, zuweilen auch bei der Öffnung, zuckte der am Nerven belassene Unterschenkel.

Dieser Versuch ist dann von Kühne[2] und von E. Hering[3] modificirt worden. Ersterer erhielt durch Schliessung und Öffnung des Demarcationsstromes vom Nervus olfactorius des Hechtes kräftige Zuckung des curaresirten Froschsartorius, dessen Querschnitt er mit der Oberfläche des Nerven berührte, nachdem der Olfactoriusquerschnitt am Rande des Muskels leicht angeklebt worden war. In den Hering'schen Versuchen war der Längs- und Querschnitt durch Thonblöcke abgeleitet; wurden deren verticale Fortsetzungen plötzlich in Kochsalzlösung getaucht, so erfolgte Zuckung, zuweilen auch bei der Öffnung. Wurden die Schliessungen mittelst eines auf- und niedergehenden Schliessungsbausches hergestellt, so entstand Tetanus (»Tetanus ohne Metalle«).

In unserem Falle handelt es sich allerdings nicht um Schwankungen des Nervenstromes von oder zu Null durch Schliessung und Öffnung des Nervenkreises, sondern um solche zwischen positiven Werthen durch Herstellung einer gut leitenden Nebenschliessung (im Rheotomschlüssel), respective Wegräumung derselben und plötzliche Aufnahme eines sehr grossen Widerstandes (Galvanometerwindungen) in den Kreis; doch ändert dies ja principiell nichts an der Möglichkeit einer auf diesem Wege stattfindenden Erregung des Nerven,

---

[1] E. du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektricität. Bd. II, Berlin 1849, S. 273.

[2] W. Kühne, Über das Verhalten des Muskels zum Nerven. Untersuchungen aus dem physiolog. Institute der Universität Heidelberg. Bd. III, Heidelberg 1880, S. 98.

[3] E. Hering, Beiträge zur allgemeinen Nerven- und Muskelphysiologie. 9. Mittheilung. Über Nervenreizung durch den Nervenstrom. Diese Sitzungsberichte, LXXXV. Bd., III. Abth., Jahrgang 1882, S. 237.

die natürlich sich in unseren Versuchen nur durch Änderung seines elektromotorischen Verhaltens im Sinne einer negativen Schwankung kenntlich machen würde. Diese negative Schwankung, welche durch die Intensitätsänderung des Nervenstromes bedingt ist, würde, solange der Nerv nicht auch noch durch Inductionsschläge gereizt wird, sich einfach zu dem Bruchtheile des Ruhestromes, welchen das in Rotation befindliche Rheotom im Boussolekreise bestehen lässt, mit einem entsprechenden aliquoten Antheile algebraisch summiren. Da nun in guten Versuchen der Ausschlag im Galvanometer ein völlig constanter ist, so wird man, welchen Componenten immer derselbe seinen Ursprung verdanken mag, gewiss keinen irgendwie beträchtlichen Fehler begehen, wenn man ihn einfach als nur durch den Ruhestrom bedingt ansieht.

Wie verhält es sich nun, wenn jetzt dem Nerven in regelmässigem Tempo die reizenden Inductionsschläge zugeleitet werden? Es läuft dann in ihm eine zweite negative Schwankung ab, deren zeitlicher Verlauf eben untersucht werden soll, und es werden in gewissen Zeitdifferentialen, deren Lage eine Function der Distanz zwischen abgeleiteter und erregter Strecke, dann der Zeit zwischen Reizung und Boussoleschluss, der Dauer und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit jeder der beiden Schwankungen ist, die durch das Rheotom aus den beiden Stromescurven ausgeschnittenen Elemente coincidiren, wobei noch berücksichtigt werden muss, dass die beiderlei Schwankungen sich nach beiden Richtungen hin innerhalb des Nerven fortpflanzen. Über den Effect dieses Ineinanderfallens lässt sich natürlich a priori gar nichts aussagen, nur soviel scheint mir sicher zu sein, dass die Curve der durch die Inductionsschläge bedingten negativen Schwankung eben wegen der vergleichsweise minimalen Intensität des anderen Reizes nicht in merklichem Masse deformirt sein kann.

Auf einen weiteren wichtigen Vortheil der Compensation hat du Bois-Reymond[1] aufmerksam gemacht, indem er zeigte, dass, wenn bei compensirtem Ruhestrom auf Tetanisiren ein

---

[1] E. du Bois-Reymond, Über die negative Schwankung des Muskelstromes bei der Zusammenziehung. Erste Abtheilung. Archiv für Anatomie u. s. w.

Ausschlag erfolgt, derselbe durch keinerlei Veränderung des Widerstandes im Boussolekreise, z. B. durch Veränderung des Widerstandes des Muskels oder Nerven selbst, bedingt sein könnte. »Selbst völliges Verschwinden des Widerstandes des Boussolezweiges würde, wenn zugleich eine noch so kleine Verminderung der elektromotorischen Kraft des Muskels stattfände, nicht hindern, dass ein negativer Ausschlag erfolgte.

Wenn dagegen beim Tetanisiren ein Ausschlag aus der, durch den nicht compensirten Strom des ruhenden Muskels erzeugten, beständigen Ablenkung geschieht, so kann daraus nicht ohne Weiteres auf Veränderung der elektromotorischen Kraft geschlossen werden. Blosse Veränderung des Widerstandes im Boussolekreise kann die Ursache sein; und auch wenn sonst feststände, dass ausserdem eine Verminderung der Kraft im Spiele sei, würde aus dem Sinne des Ausschlages deren Sinn nicht unmittelbar folgen.«

Von der Unsicherheit, die unter solchen Umständen beim Arbeiten ohne Compensation über Ursache und Sinn der Ausschläge besteht, habe ich mich dadurch wenigstens theilweise frei zu machen gesucht, dass ich, wie es aus der schematischen Zeichnung Fig. 1 ohne Weiters hervorgeht, einen runden Compensator *C*, einen Stromwender *W*, dann ein mit Zinksulfat angemachtes Daniell'sches Element *D* und einen Rheostaten *R*, sowie den Vorreiberschlüssel U_1 und einen Quecksilberschlüssel U_2 einschaltete. So war es vor Allem einmal möglich, bei ruhendem Rheotom, während die Nebenschliessung im Rheotomschlüssel aufgehoben war, die Grösse der elektromotorischen Kraft des Nervenstromes nach der von du Bois-Reymond modificirten Poggendorff'schen Compensationsmethode zu messen. Ausserdem habe ich aber auch noch in vielen Versuchen zu Anfang oder zu Ende eines Versuches bei compensirtem Ruhestrome die negative Schwankung desselben durch Tetanisiren mit dem Wagner'schen Hammer hervorgerufen und mich so überzeugt, dass dieselbe wirklich auf einer Abnahme der elektromotorischen Kraft beruht. Es ist

1873, S. 527. Anm. — Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik. Bd. II, Leipzig 1877, S. 410. Anm.

wohl mehr als selbstverständlich, dass auch jene Schwankung, welche auf die vom Rheotom gelieferten Reize ohne Compensation zu beobachten ist, dieselbe Ursache hat. Die Graduationsconstante wurde stets unter Anwendung einer Hilfsrolle nach der von du Bois-Reymond gegebenen Vorschrift bestimmt. Bei den Rheotomversuchen war natürlich der Maasskettenkreis stets bei U_1 unterbrochen, da sonst eine dauernde Ablenkung der Scale durch den Strom des Daniell'schen Elementes erfolgt.

Das Arbeiten ohne Compensation gewährt aber bei Rheotomversuchen auch einen nicht zu unterschätzenden Vortheil. Bleibt nämlich der Bruchtheil des Stromes, welchen das in Rotation befindliche Rheotom im Boussolekreise bestehen lässt, constant, so folgt daraus, wie bereits Schoenlein[1] bemerkt hat, ohne Weiteres, dass die Ableitungszeit sich nicht geändert haben kann, was für die Auswerthung der Versuche ja principiell zu fordern ist. Natürlich ist der umgekehrte Schluss, dass ein Nichtconstantbleiben des Ausschlages durch Veränderung der Ableitungszeit bedingt sei, nur dann zulässig, wenn alle anderen Möglichkeiten, durch welche dasselbe hervorgerufen werden könnte, auszuschliessen sind.

Als primäre Kette dienten acht kleine Daniell'sche Elemente, welche während der Rotation des Rades einen kaum merklichen Öffnungsfunken gaben. Das Inductorium war ein kleiner du Bois-Reymond'scher Schlittenapparat; bei völlig übereinandergeschobenen Rollen ($RA = 0$) waren die so erhaltenen Reize so stark, dass sie ohne die Gefahr, unipolare Reizungen zu geben, und den Nerven zu sehr zu ermüden, nicht gut verstärkt werden konnten. Es ist selbstverständlich, dass alle Vorsichtsmassregeln getroffen worden waren, welche eine sichere Isolirung des Boussolekreises und des Kreises der secundären Spirale verbürgten und die Einmischung unipolarer Wirkungen ausschlossen. In dieser Hinsicht verdanken wir Hering[2] eine Reihe eingehender Vorschriften.

---

[1] K. Schoenlein, l. c. S. 138.

[2] E. Hering, Beiträge zur allgemeinen Nerven- und Muskelphysiologie. Sechzehnte Mittheilung. Über Schwankungen des Nervenstromes in Folge

Als Reizelektroden kamen Platindrähte in Verwendung, deren Abstand in allen Versuchen 2 *mm* betrug; während jedes Versuches wurde das Austrocknen des Nerven, der sich überdies in einer feuchten Kammer befand, durch öfteres Bepinseln mit der Körperflüssigkeit des Thieres verhindert. Um den Verlauf des Öffnungs- und Schliessungsschlages möglichst gleich zu machen, war nach dem Vorgange von Bernstein[1] zur primären Spirale eine Nebenschliessung eingeschaltet, welche in meinen Versuchen aus einer Rolle dicken Kupferdrahtes bestand. In den meisten Fällen wurde auch Polwechsel der secundären Spirale vorgenommen.

III. Versuchsergebnisse.

1. Grösse der elektromotorischen Kraft.

Die im Folgenden mitzutheilenden Werthe für die Grösse der elektromotorischen Kraft des Ruhestromes sind in der schon angegebenen Weise gewonnen worden; wenn keine andere Bemerkung gemacht ist, geschah die Messung vor Beginn des Rheotomversuches. Der Nerv war jedesmal mit Längs- und Querschnitt den du Bois-Reymond'schen Thonstiefelelektroden schon in der Ausdehnung angelegt worden, welche für den eigentlichen Versuch zweckmässig erschien; dadurch wurde öfteres Berühren und Zerren des gegen solche Insulten ganz ausserordentlich empfindlichen marklosen Nerven vermieden. Ein besonderes Gewicht habe ich auf möglichst reine Querschnittsableitung gelegt, da, wie auch schon v. Uexküll[2] bemerkt hat, die Grösse des Ruhestromes für den *Eledone*-Nerven — und die Nerven der anderen von mir untersuchten

---

unipolarer Reizung beim Tetanisiren. Diese Sitzungsberichte, LXXXIX. Bd., III. Abth., Jahrgang 1884, S. 219.

[1] J. Bernstein, l. c. S. 184. Vergl. hiezu auch E. du Bois-Reymond, Über die negative Schwankung des Muskelstromes bei der Zusammenziehung. Erste Abtheilung. Archiv für Anatomie u. s. w. 1873, S. 518. Anm. — Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik. Bd. II, Leipzig 1877, S. 483, Anm. 2.

[2] J. v. Uexküll, Physiologische Untersuchungen an *Eledone moschata*. Zeitschrift für Biologie, Bd. XXVIII, N. F. X, S. 560.

Cephalopoden machen davon selbstverständlich keine Ausnahme — in noch höherem Masse von der Anlage des Querschnittes an die Elektrode abhängig ist, als für den Froschnerven. Bei dieser Art der Ableitung konnten aber die sich ergebenden Werthe für die elektromotorische Kraft nicht ohne Weiteres als maximale betrachtet werden, und zwar aus folgenden Gründen. Nach dem von du Bois-Reymond für den markhaltigen Nerven aufgestellten Gesetze ist der Strom zwischen einem Längs- und einem Querschnittspunkte um so kräftiger, je näher die Punkte dem Äquator, respective der Axe liegen. An einem marklosen Vertebratennerven, dem N. olfactorius des Hechtes, haben dann Kühne und Steiner[1] gezeigt, dass dieses Gesetz auch hier seine Giltigkeit besitze, und ein analoges Verhalten haben die Versuche von Biedermann[2] an den marklosen Verbindungsnerven von *Anodonta* ergeben. Es war desshalb zu erwarten, dass auch der marklose Cephalopodennerv ein gleiches Verhalten zeigen würde.

Da es nun in meinen Rheotomversuchen mit den übrigen Bedingungen, unter denen dieselben angestellt wurden, nicht immer vereinbar erschien, die Längsschnittselektrode gerade dem Äquator des Nerven anzulegen, so habe ich einzelne Versuche eigens zu dem Zwecke angestellt, die elektromotorische Kraft zu messen; in diesen war vom Äquator und Querschnitt des Nerven abgeleitet, und die so gefundenen Werthe sind auch fast durchweg höher, als die gelegentlich der Rheotomversuche ermittelten; wo diese letzteren jenen maximalen Werthen nahekommen oder sie gar übertreffen, war eben ganz zufällig gerade die wirksamste Ableitung getroffen.

Die Werthe für die Grösse der elektromotorischen Kraft sind folgende:

---

[1] W. Kühne und J. Steiner, l. c. S. 157.

[2] W. Biedermann, l. c. S. 5.

A. Werthe, welche sich gelegentlich der Rheotomversuche ergaben.

Versuch	*lq*	Elektromotorische Kraft in Daniells	Bemerkungen
1. *Eledone moschata*			
III.	4 *mm*	0·0068	*DN*[1]
IV.	5	0·0072	*DN*
V.	5	0·0035	*DN*
VI.	5	0·0077	*DN* (als Rheotomversuch nicht verwerthet)
VII.	4	0·0080	*DN*
VIII.	5	0·0092	*DN* (als Rheotomversuch nicht verwerthet)
IX.	4	0·0162	*DN*
X.	5	0·0086	*DN* (*EK* vor Beginn des Versuches)
		0·0033	*DN* (*EK* nach Schluss des Versuches)
XI.	—	0·0092	*DN*
XII.	4	0·0059	*DN*
XIV.	4	0·0111	*DN*
XV.	6	0·0141	*DN*
XIX.	7	0·0294	*DN*
XXV.	11	0·0040	
XXVI.	12	0·0042	
XXIX.	10	0·0061	rechter resp. linker Mantelnerv desselben Thieres
XXX.	8	0·0063	
XXXI.	11	0·0139	
XXXII.	—	0·0103	als Rheotomversuch nicht verwerthet
XXXVIII.	5	0·0149	rechter resp. linker Mantelnerv desselben Thieres
XXXIX.	8	0·0117	

[1] *DN* bedeutet, dass der Versuch mit beiden, der Länge nach aneinander liegenden Mantelnerven angestellt wurde.

Versuch	iq	Elektro-motorische Kraft in Daniells	Bemerkungen
2. *Eledone Aldrovandi*			
VIII.	5 *mm*	0·0092	*DN*
3. *Scaeurgus tetracirrus*			
XX.	8 *mm*	0·0259	
XXI.	9	0·0135	
XXII.	5	0·0140	
4. *Octopus vulgaris*			
I.	10 *mm*	0·0156	
II.	7	0·0137	*EK* vor Beginn des Rheotomversuches
		0·0119	*EK* nach Schluss des Rheotomversuches
XVII.	10	0·0220	als Rheotomversuch nicht verwerthet
XVIII.	10	0·0209	
XXIII.	7	0·0057	
XXIV.	11	0·0050	
XXVII.	12	0·0143	*EK* vor Beginn des Rheotomversuches
		0·0098	*EK* nach Schluss des Rheotomversuches
XXXIII.	10	0·0052	rechter, resp. linker Mantelnerv desselben Thieres
XXXIV.	16	0·0143	
XXXV.	18	0·0119	rechter, resp. linker Mantelnerv desselben Thieres
XXXVI.	—	0·0184	

B. Werthe aus Versuchen, welche ausschliesslich zur Bestimmung der Grösse der elektromotorischen Kraft angestellt wurden. (Ableitung vom Querschnitt und Äquator des Nerven.)

Versuch	*lq*	Elektro-motorische Kraft in Daniells	Bemerkungen
		1. *Eledone moschata*	
1.	10 *mm*	0·0245	rechter, resp. linker Mantelnerv desselben Thieres (zwischen beiden Messungen liegt eine Zeit von 10 Minuten)
2.	12	0·0256	
3.	10	0·0227	linker, resp. rechter Mantelnerv desselben Thieres (zwischen beiden Messungen liegt eine Zeit von 10 Minuten)
4.	10	0·0201	
		2. *Octopus vulgaris*	
5.	12 *mm*	0·0145	linker, resp. rechter Mantelnerv desselben Thieres (zwischen beiden Messungen liegt eine Zeit von 8 Minuten)
6.	10	0·0135	

Aus diesen Bestimmungen der elektromotorischen Kraft ergibt sich nun in der That zunächst, dass auch für den marklosen Nerven der Cephalopoden das von du Bois-Reymond für den markhaltigen Vertebratennerven aufgestellte Gesetz giltig ist. Zur Vervollständigung dieses Beweises hätte natürlich auch noch eine Untersuchung der Ströme zwischen verschiedenen Punkten des Längsschnittes und der zwischen verschiedenen Punkten des Querschnittes gehört. Ich habe aber trotzdem auch von einer Untersuchung der ersteren abgesehen — die der letzteren wäre ja schon aus technischen Gründen kaum durchführbar gewesen — weil durch die theoretischen

Betrachtungen von v. Helmholtz[1] diese »schwachen Anordnungen« sehr an Interesse verloren haben. Es zeigt sich weiter, dass die elektromotorische Kraft dieser Nerven bedeutend grösser sein kann als die eines motorischen Froschnerven. Für den dickeren Abschnitt des N. ischiadicus oberhalb des Abganges der Oberschenkeläste hatte du Bois-Reymond[2] die elektromotorische Kraft = 0·022 D., für den dünneren unteren Abschnitt durchschnittlich = 0·018 D. gefunden. Der grösste sich aus meiner Versuchsreihe *B* ergebende Werth ist 0·0256 D. (Versuch 2), der grösste aus der Versuchsreihe *A* sich ergebende (Versuch XX) = 0·0259 D., an einem Doppelnerven sogar (Versuch XIX) = 0·0294 D. Der erste dieser Werthe entstammt einem Versuche an einem *Eledone*-Nerven, welcher ungefähr den gleichen Querschnitt haben dürfte wie der N. ischiadicus einer mittelgrossen *Rana esculenta*, der zweite wurde bei *Scaeurgus* gefunden, dessen Mantelnerv an Dicke beiweitem nicht dem Hüftnerven der grossen siebenbürgischen Frösche gleichkommt, an welchen du Bois-Reymond seine Bestimmungen ausgeführt hatte. Für den marklosen N. olfactorius des Hechtes haben Kühne und Steiner[3] ein analoges Verhalten beobachtet, indem sie zeigen konnten, dass derselbe elektromotorisch wirksamer ist als markhaltige Nervenfasern desselben Thieres oder solche des Frosches von möglichst gleichen Dimensionen. An ersterem fanden sie als maximalen Werth für die elektromotorische Kraft 0·0215 D., als minimalen 0·0105 D., am N. ischiadicus des Frosches in seinem centralen Antheile 0·0060 D., im peripheren 0·0020 D., während beim Hechte die elektromotorische Kraft des N. trigeminus 0·0200 D., die des N. opticus 0·0100 D. betrug. Die

---

[1] H. v. Helmholtz, Über einige Gesetze der Vertheilung elektrischer Ströme in körperlichen Leitern mit Anwendung auf die thierisch-elektrischen Versuche. Poggendorff's Annalen, Bd. LXXXIX, S. 211 und 353. — Wissenschaftliche Abhandlungen, Bd. I, Leipzig 1882, S. 475.

[2] E. du Bois-Reymond, Über die elektromotorische Kraft der Nerven und Muskeln. Archiv für Anatomie u. s. w., 1867, S. 439. — Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik, II. Bd., Leipzig 1877, S. 250.

[3] W. Kühne und J. Steiner, l. c. S. 157 ff.

Ursache der elektromotorischen Überlegenheit des marklosen über den markhaltigen Nerven möchten Kühne und Steiner darin sehen, dass das Nervenmark der markhaltigen Nervenfasern elektromotorisch unwirksam und diese Kraft nur dem Axencylinder eigen ist. Es würde dann der gleiche anatomische Querschnitt eines marklosen und markhaltigen Nerven durchaus nicht ihren gewissermassen elektromotorischen Querschnitten entsprechen, »und es würde für den markhaltigen Nerven ein gleicher elektromotorischer Querschnitt, wie ihn der marklose Nerv besitzt, erst dann erreicht sein, wenn der anatomische Querschnitt des ersteren den des letzteren um so viel übertrifft, als eben dort das Mark im Querschnitt einnimmt«. Kühne und Steiner[1] haben auch den Leitungswiderstand des marklosen Nerven bei Längsdurchströmung mit dem des markhaltigen in der Weise verglichen, dass sie durch das Rheochord einen Strom abzweigten und den Ausschlag im Galvanometer beobachteten, einmal, wenn der N. olfactorius des Hechtes stromlos in den Messkreis aufgenommen war, ein anderesmal der Hüftnerv eines Frosches von gleicher Länge und möglichst gleichem Querschnitt. Aus diesen Versuchen ergibt sich ein etwas grösserer Leitungswiderstand des marklosen Nerven. Da aber die Differenzen nicht bedeutend sind, so erscheint es, wenn man die Schwierigkeiten erwägt, beide Nerven ihrer Länge und ihrem Querschnitte nach vollkommen gleich zu erhalten, richtiger, den Leitungswiderstand der beiden Fasergattungen für die Längsdurchströmung gleich zu setzen; wie sich das Verhältniss bei querer Durchströmung gestaltet, haben die beiden Forscher nicht untersucht. Aus dem Resultate dieser Widerstandsbestimmung würde auch noch zu folgern sein, dass der galvanische Leitungswiderstand im Nervenmark und Axencylinder ungefähr gleich gross ist.

2. Verlauf der negativen Schwankung im Allgemeinen.

Wurde zunächst der Schieber des Apparates so eingestellt, dass der Contactstift gerade in dem Momente den Contactdraht

[1] W. Kühne und J. Steiner, l. c. S. 164.

berührte, in welchem durch den Boussolestift die kurz vorher unterbrochene gute Nebenschliessung im Rheotomschlüssel wieder hergestellt worden war, so war in diesem Momente der Boussolekreis vollständig abgeblendet. Da die Boussolezeit eine sehr kurze ist, so vergeht fast die Zeit einer ganzen Umdrehung, bis dem Strome wieder der Zutritt zum Boussolekreise offen steht, und wenn während dieser Zeit der Process der negativen Schwankung abgelaufen ist — und es muss ja die Umdrehungsgeschwindigkeit des Rheotoms so gewählt werden, dass dies wirklich zutrifft — so ist bei dieser Schieberstellung keinerlei Einwirkung auf das Galvanometer zu erwarten. Die so charakterisirte Schieberstellung ist also gewissermassen als der Nullpunkt anzusehen, von welchem jederzeit das Experiment entweder ausgeht oder zu welchem es zurückkehrt. Über die Art, die Boussolezeit zu bestimmen, habe ich mich bereits geäussert; die Umdrehungsgeschwindigkeit wurde durchweg nach den Vorschriften von Bernstein ermittelt. In den im Anhange mitgetheilten Tabellen[1] bedeutet Sch_1 die Stellung des Schiebers, bei welcher dem Strome der Zutritt zum Galvanometer gestattet, Sch_2 die Stellung, bei welcher er wieder vom Galvanometer abgeblendet wurde. U bedeutet die Anzahl der Rheotomumdrehungen, welche einem Fadenumlaufe entsprechen, UF die Anzahl der Fadenumläufe in 60 Secunden. U_r ist also $= 60/UF.U$. τ ist die Boussolezeit, sie ist also $= U_r.(Sch_1 - Sch_2)$. Der mit Sch_1 überschriebene Stab enthält die Stellung des Schiebers bei jeder einzelnen Beobachtung, der mit A überschriebene die Ablenkungen, welche durch die Inductionsschläge hervorgerufen wurden, in Scalentheilen. Die Zahlen des dritten, mit Z überschriebenen Stabes geben die Zeiten an, welche zwischen Reizung und Abblendung des Boussolekreises verstreichen. Als erstes Resultat fliesst aus den so angestellten Versuchen, dass die negative Schwankung sehr kurze Zeit nach der Reizung beginnt, und dass sie ferner eine gewisse Dauer besitzt, welche aber ebenfalls sehr klein ist.

[1] Ich habe es für überflüssig gehalten, sämmtliche Tabellen in extenso mitzutheilen; die im Anhange gegebene Auswahl illustrirt den Gang der Versuche zur Genüge.

Im Versuche II beginnt die Beobachtung bei der Stellung $Sch_1 = 0 \cdot 2005$; in diesem Momente wird aber gerade der Boussolekreis abgeblendet, und bis zur nächsten Wegräumung der Nebenschliessung im Rheotomschlüssel, durch welche dann dem Nervenstrome wieder der Zutritt zum Galvanometer ermöglicht wird, verfliesst fast die Zeit einer ganzen Umdrehung. In diesem Falle beobachtet man keine negative Schwankung und ebenso in den ähnlichen Fällen der übrigen Versuche. Schiebt man nun den Schieber aufwärts nach der Reihenfolge der Zahlen, so dass die Reizung der Öffnung und Schliessung der Nebenschliessung im Rheotomschlüssel vorangeht, so tritt bei einer gewissen Schieberstellung, im Versuche II bei 0·2800, die erste minimale Ablenkung im Sinne einer negativen Schwankung auf. Rückt man den Schieber noch weiter vor, so nehmen die Ausschläge im Sinne einer negativen Schwankung rasch immer mehr zu, bis sie bei einer gewissen Schieberstellung, im Versuche III bei 0·3100, ihr Maximum erreichen; von diesem Maximum sinken sie dann langsam wieder ab und sind bei der Schieberstellung 0·3550 vollständig verschwunden.

Aus diesen Thatsachen ergibt sich zunächst, dass zwischen der Reizung an einer Stelle des Nerven und dem Beginne der negativen Schwankung an einer in einer gewissen Entfernung von diesem Punkte befindlichen abgeleiteten Strecke eine messbare Zeit vergeht, und ferner, dass die negative Schwankung innerhalb der abgeleiteten Strecke auch eine messbare Dauer besitzt; ferner zeigt sich, dass dieselbe nicht in einer der Zeit nach constant bleibenden Schwächung des Stromes, sondern in einem jeder Reizung sehr rasch folgenden Absinken und Wiederansteigen desselben besteht.

Aus den so angestellten Versuchen, besonders jenen der Versuchsreihe I, lässt sich auch im Allgemeinen die Gestalt der Curve bestimmen, nach welcher die negative Schwankung verläuft. Wollte man den Verlauf dieser Curve genau (punktweise) construiren, so müsste natürlich die Zeit, während welcher der Strom zum Galvanometer Zutritt hat, sehr klein

gemacht werden können. Diese Verkürzung der Boussolezeit wäre durch Vergrösserung der Umdrehungsgeschwindigkeit ja auch noch viel weiter zu treiben, als es in meinen Versuchen geschehen ist; denn »grössere Rotationsgeschwindigkeit des Rheotoms verkürzt die ausgeschnittenen Zeitdifferentiale, vermehrt aber in gleichem Maasse ihre Anzahl in der Zeit, so dass der Wirkung auf die Boussole kein Eintrag geschieht; je kleiner aber die Zeitdifferentiale, umso vollkommener erfüllt das Rheotom seine Aufgabe«.[1] Mit den mir zu Gebote stehenden Hilfsmitteln gelang es mir immerhin, die Boussolezeiten soweit herabzudrücken, dass ihr maximaler Werth 0·0026″, ihr minimaler 0·0003″ betrug. Ich habe trotzdem auch in allen Fällen, in welchen die negative Schwankung entweder ganz oder zum grössten Theile mit dem Rheotom untersucht worden war, ihren Verlauf durch eine Curve dargestellt, da eine solche den Vorgang am allerbesten zu illustriren geeignet ist. Die meisten der so gewonnenen Curven zeigen, dass die Zeit, welche verstreicht, bis die negative Schwankung ihr Maximum erreicht, kürzer ist als jene vom Maximum bis zum Verschwinden derselben. Freilich gehen hiebei die Reizungen, bei denen der Beginn der Schwankung beobachtet wurde, denjenigen voran, welche ihrem Ende entsprechen, und es ist nicht abzusehen, in welchem Grade hiebei die Ermüdung den Verlauf der ganzen Schwankungscurve beeinflusst. Ich habe deshalb die Versuchsreihe III in der Weise angestellt, dass zunächst das Ende der negativen Schwankung aufgefangen wurde. Die Versuche dieser Reihe ergeben aber einen ganz analogen Verlauf der Schwankung, so dass wir also den Satz aussprechen können: Die Curve der negativen Schwankung sinkt zu ihrem Maximum steil ab und steigt dann langsamer wieder an.

3. Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung.

A. Octopus vulgaris.

Die Discussion unserer Versuche hat bereits ergeben, dass zwischen dem Momente der Reizung des Nerven und

---

[1] L. Hermann, Untersuchungen über die Actionsströme des Nerven. II. Pflüger's Archiv, Bd. XXIV, S. 250. Anm.

dem Beginne der negativen Schwankung in der abgeleiteten Strecke eine messbare Zeit vergeht. Nennt man diese Zeit t, so würde sich daraus auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit g der negativen Schwankung schliessen lassen, vorausgesetzt, dass es für dieselbe keinerlei Latenzstadium gibt, oder dass wir, falls ein solches existirt, die Mittel haben, die Grösse desselben zu bestimmen. Zur Entscheidung zwischen diesen beiden Möglichkeiten können die Versuche der Reihe II herangezogen werden. Dieselben wurden in der Weise angestellt, dass der von Längs- und Querschnitt abgeleitete Nerv zuerst an einer von der abgeleiteten Strecke entfernteren und dann an einer derselben näheren Stelle gereizt wurde; dabei ging die Reizung an der entfernteren Stelle stets jener an der näheren voran, da an jener der Nerv rascher abstirbt. Beobachtet man in beiden Fällen, bei welcher Schieberstellung die ersten Spuren der negativen Schwankung auftreten, so entspricht die Differenz dieser beiden Schieberstellungen der Zeit, welche die negative Schwankung braucht, um den Weg zwischen den beiden gereizten Stellen zurückzulegen. Nach dieser Methode ergeben sich für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung folgende Werthe, die ich, da es mir auch darauf ankam, eine etwaige Abhängigkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit von der Reizintensität zu eruiren, gleich, nach den von mir angewendeten beiden Reizstufen ($RA = 2\,cm$ und $RA = 0$) gesondert, mittheile.

$RA = 2\,cm.$

	g
Versuch XVIII	2432 *mm*
» XXXIV	1951
Wahrscheinlichster Mittelwerth[1]	2192
Wahrscheinlicher Fehler des Mittelwerthes	± 162
Derselbe der einzelnen Beobachtung	± 229

[1] Der wahrscheinlichste Mittelwerth ist in diesen, wie in allen übrigen Fällen, das arithmetische Mittel und zwar aus folgenden Gründen. Die Berechnung von g geschieht nach der Formel $g = \frac{s}{t}$. Hierin bedeutet s die Distanz der beiden gereizten Stellen, wenn einmal an einer von der abgeleiteten

$RA = 0.$

	g
Versuch XXVII	3658 *mm*
» XXVIII	3658
» XXXIII	2195
Wahrscheinlichster Mittelwerth	3170
Wahrscheinlicher Fehler des Mittelwerthes	± 329
Derselbe der einzelnen Beobachtung	± 569

Man kann nun aus der Versuchsreihe I und ebenso aus der Versuchsreihe II die Zeiten ableiten, welche vom Momente der Reizung bis zum Beginne der negativen Schwankung in der abgeleiteten Strecke verstreichen. Aus Reihe II werden sich so immer zwei Werthe ergeben, ein grösserer, welcher diese Zeit bei Reizung an einer der abgeleiteten Strecke ferneren Stelle, ein kleinerer, welcher dieselbe Zeit bei Reizung an einer der abgeleiteten Strecke näheren Stelle repräsentirt. Freilich lässt sich der Beginn der negativen Schwankung nicht immer völlig sicher feststellen, da dieselbe ja erst eine gewisse Grösse erreicht haben muss, um merklich zu werden. Betrachtet man indessen die gefundene Zeit als die der Fortpflanzung der

---

Strecke entfernteren *(e)*, das anderemal an einer der abgeleiteten Strecke näheren *(n)* Stelle gereizt wurde, respective die Entfernung der gereizten Stelle von der ersten ableitenden Elektrode; t bedeutet die Zeit, welche der Differenz jener beiden Schieberstellungen entspricht, respective die Zeit, welche verfliesst zwischen dem Momente der Reizung und dem Beginne der negativen Schwankung in der abgeleiteten Strecke. t ist in Secunden, s in Millimetern ausgedrückt. Nach der Methode der kleinsten Quadrate ergeben sich die wahrscheinlichsten Mittelwerthe aus der Bedingung, dass die Summe der Fehlerquadrate $\Sigma\left(g - \frac{s}{t}\right)^2$ ein Minimum ist. Also muss

$$\frac{d\Sigma\left(g - \frac{s}{t}\right)^2}{dg} = 0$$

sein; daraus ergibt sich aber $g = \frac{\Sigma \frac{s}{t}}{n}$, wenn n die Anzahl der Beobachtungen ist. Dieser Ausdruck für g ist aber nichts anderes als das arithmetische Mittel.

negativen Schwankung von der gereizten Stelle bis zur ersten ableitenden Elektrode, welche dem Längsschnitte anliegt, so erhält man für *g* Werthe, welche den obigen nahekommen. Dieselben werden im Allgemeinen etwas zu klein ausfallen, weil der Anfang der Schwankung aus dem eben angeführten Grunde etwas zu spät zur Beobachtung kommt.

Aus der Versuchsreihe I ergeben sich so folgende Werthe:

$RA = 2\ cm.$

	g
Versuch XXIII	2308 *mm*
» XXXV	2608
Wahrscheinlichster Mittelwerth	2458
Wahrscheinlicher Fehler des Mittelwerthes	± 101
Derselbe der einzelnen Beobachtung	± 143

$RA = 0.$

	g
Versuch XXIV	2083 *mm*

Aus der Versuchsreihe II erhalten wir folgende Werthepaare:

$RA = 2\ cm.$

	g
Versuch XVIII	2400 e. *mm*
	2353 n.
» XXXIV	2187 e.
	2609 n.
Wahrscheinlichster Mittelwerth	2387
Wahrscheinlicher Fehler des Mittelwerthes	± 58
Derselbe der einzelnen Beobachtung	± 117

$RA = 0.$

	g
Versuch XXVII	3731 e. *mm*
	3846 n.
» XXVIII	3582 e.
	3461 n.
» XXXIII	2239 e.
	2308 n.

Wahrscheinlichster Mittelwerth 3195
Wahrscheinlicher Fehler des Mittelwerthes....± 195
Derselbe der einzelnen Beobachtung.... ....± 485

Wie man sofort sieht, stimmen die nach beiden Methoden berechneten Werthe von g bei gleichen Rollenabständen mit jeder bei derartigen Versuchen zu erwartenden Genauigkeit überein, wenn man den Werth $g = 2083\,mm$, der sich aus dem Versuche XXIV ergibt, ausschliesst, was, da es sich um den einzigen bei dieser Reizstufe ausgeführten Versuch handelt, jedenfalls erlaubt ist.

Hieraus kann man also den Schluss ziehen, dass zwischen dem Moment der Reizung durch Inductionsströme und dem Beginne der Schwankung an der gereizten Stelle kein durch unsere Mittel messbarer Zeitraum vergeht.

Durchmustert man weiter die Zeiten, welche zwischen dem Momente der Reizung und dem Beginne der negativen Schwankung in der abgeleiteten Strecke verfliessen, so findet man, dass dieselben um so grösser ausfallen, je grösser der Abstand zwischen der Reizstelle und der ersten ableitenden Elektrode ist, welche dem Längsschnitte anliegt; der Abstand zwischen Reizstelle und Querschnittselektrode ist dagegen gleichgiltig. Daraus folgt also, dass der Vorgang der negativen Schwankung in der abgeleiteten Strecke genau in dem Momente beginnt, in welchem die Fortpflanzung bis zur ersten, dem Längsschnitte anliegenden Elektrode stattgefunden hat.

Es gilt also für den marklosen Nerven weiter der Satz, dass beim Ablaufe der negativen Schwankung diejenige Stelle, an welcher sich dieselbe gerade befindet, an Positivität gegen den Querschnitt verliert, und dass dieser Verlust genau in dem Momente beginnt, in welchem die Schwankung an der betreffenden Längsschnittstelle anlangt, »und zwar ohne dass eine Vorbereitungszeit, sei es an der direct gereizten Stelle, sei es an den Stellen, denen die Erregung zugeleitet wird, der galvanischen Veränderung vorangeht«.

Obige Werthe lassen nun aber auch einen Schluss auf die Beziehungen zwischen der Reizintensität und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung zu.

Aus den Werthen

$$\left.\begin{array}{l} g = 2192 \pm 162\, mm \\ g = 2458 \pm 101 \\ g = 2387 \pm \ \ 58 \end{array}\right\} RA = 2\, cm$$

findet sich als wahrscheinlichster Mittelwerth nach der Methode der kleinsten Quadrate

$$g = 2386\, mm.$$

Aus den Werthen

$$\left.\begin{array}{l} g = 3170 \pm 329\, mm \\ g = 3195 \pm 195 \end{array}\right\} RA = 0$$

findet sich ebenso

$$g = 3188\, mm.$$

Diese letztgefundenen beiden Mittelwerthe zeigen ohne Weiteres, dass **Erhöhung der Reizintensität die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung vergrössert.**

Es ist gewiss nicht überflüssig, auch noch zu zeigen, wie gross die Wahrscheinlichkeit für eine derartige Abhängigkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit von der Reizintensität ist. Nehmen wir die beiden zusammengehörigen Werthe

$$g = 2387 \pm 58\, mm\ (RA = 2\, cm)$$

und

$$g = 3195 \pm 195\, mm\ (RA = 0),$$

so liegt der wahre Werth von g

für $RA = 2\, cm$:

mit der Wahrscheinlichkeit

1	gegen	1	zwischen	2445	und	2329,
10	»	1	»	2533	»	2241,
100	»	1	»	2609	»	2165,

für $RA = 0$:

mit der Wahrscheinlichkeit

1	gegen	1	zwischen	3390	und	3000,
10	»	1	»	3682	»	2708,
100	»	1	»	3936	»	2454.

Es ist also in diesem Falle die Wahrscheinlichkeit, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit bei grösserer Reizintensität auch wirklich eine grössere ist, mindestens 10:1.

An *Octopus vulgaris* wurden auch die Versuche I und II angestellt; sie ergeben folgende Werthe für g:

$RA = 2\,cm$ Versuch I ..... $g = 825\,mm$,
$RA = 0$ » II .... $g = 741$

Aus diesen Versuchen lässt sich über die Beziehungen zwischen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung und Reizintensität keinerlei Schluss ziehen, was ja, da bei jeder Reizstufe nur ein Versuch angestellt worden ist, sich auch von selbst versteht.

Über die Ursache der sehr beträchtlichen Differenzen zwischen dem früheren für g an *Octopus* gefundenen Mittelwerthe und den eben erhaltenen soll weiter unten, nachdem auch das an *Eledone moschata*, *Eledone Aldrovandi* und *Scaeurgus tetracirrus* gewonnene Zahlenmaterial beigebracht sein wird, die Rede sein.

B. Eledone moschata und *Eledone Aldrovandi.*

Die hiehergehörigen Versuche gliedern sich in zwei Reihen, die zwar beide nach dem Plane der Versuchsreihe I angestellt worden sind, sich jedoch zunächst dadurch unterscheiden, dass in einer von ihnen durchweg mit beiden an ihren centralen Enden zusammengebundenen Mantelnerven (Doppelnerv *DN*), welche ihrer Länge nach aneinander lagen, experimentirt wurde, während in der anderen immer nur ein Mantelnerv in Verwendung kam.

Die letztere Reihe ergibt folgende Werthe:

$RA = 2$ *cm.*

	g
Versuch XXIX	2391 *mm*
(» XXXVII	805)
» XXXVIII	1707
» XXXIX	2353
Wahrscheinlichster Mittelwerth (nach Ausscheidung von Versuch XXXVII)	2150
Wahrscheinlicher Fehler des Mittelwerthes	± 149
Derselbe der einzelnen Beobachtung	± 259

$RA = 0.$

	g
Versuch XXV	1622 *mm*
» XXVI	2162
» XXX	2222
» XXXI	2174
Wahrscheinlichster Mittelwerth	2045
Wahrscheinlicher Fehler des Mittelwerthes	± 95
Derselbe der einzelnen Beobachtung	± 191

Aus den am Doppelnerven angestellten Versuchen ergibt sich:

$RA = 2$ *cm.*

	g
Versuch III	677 *mm*
» IV	757
» V	769
» VII	542
» X	563
» XII	803
» XIV	539
» XIX	446
Wahrscheinlichster Mittelwerth	637
Wahrscheinlicher Fehler des Mittelwerthes	± 31
Derselbe der einzelnen Beobachtung	± 89

$RA = 0.$

	g
Versuch IX	859 *mm*
» XV	623
Wahrscheinlichster Mittelwerth	741
Wahrscheinlicher Fehler des Mittelwerthes	± 80
Derselbe der einzelnen Beobachtung	±113

Von den beiden Versuchsreihen an *Eledone moschata* ergibt nur die letzte, am Doppelnerven angestellte, eine deutliche Vergrösserung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung bei Steigerung der Reizintensität.

Im Versuche VIII, dem einzigen an *Eledone Aldrovandi* angestellten, fand sich $g = 476$ *mm*.

C. *Scaeurgus tetracirrus.*

Für die Nerven dieses Cephalopoden ergeben sich folgende Werthe:

$RA = 2$ *cm.*

	g
Versuch XXII	1875 *mm*

$RA = 0.$

	g
Versuch XX	1065 *mm*
» XXI	1351
Wahrscheinlichster Mittelwerth	1208
Wahrscheinlicher Fehler des Mittelwerthes	± 96
Derselbe der einzelnen Beobachtung	± 136

Fragen wir uns zunächst, wodurch die Abweichungen der einzelnen durch Beobachtung gefundenen Werthe von g von den zugehörigen wahrscheinlichsten Mittelwerthen bedingt sind, so kann dies nur durch den Einfluss von Beobachtungsfehlern erklärt werden, und es wird vielleicht am Platze sein, den Einfluss solcher Beobachtungsfehler auf das Resultat für unseren Fall genauer zu analysiren. Die Berechnung der Versuche

geschah, wie schon bemerkt worden ist, nach der Formel $g = \frac{s}{t}$. Hierin ist s eine direct gemessene Grösse, die Länge einer gewissen Nervenstrecke, und es fragt sich, mit welchem Grade von Genauigkeit man überhaupt im Stande ist, eine solche am marklosen Nerven zu messen. Es soll gleich vorweg bemerkt werden, dass hier die Schwierigkeiten noch viel grössere sind, als am markhaltigen Nerven des Frosches; bei letzterem bestimmte v. Helmholtz[1] die Streckenlänge in der Weise, dass er den Nerven so weit spannte, bis die queren atlasartigen Streifen seiner Oberfläche, die sogenannte Fontana'sche Bänderung, verschwanden. Er gibt aber ausdrücklich zu, dass dabei immer einige Millimeter dem Gutdünken überlassen bleiben. Am marklosen Nerven fehlt auch jeder derartige Anhaltspunkt, welcher es ermöglichen würde, die Messung jedesmal in der gleichen Weise auszuführen; der Nerv zieht sich ausserordentlich stark zusammen, sowie er bei der Präparation von dem ihn umgebenden Bindegewebe befreit und an seinem centralen Ende durchschnitten worden ist, und es bleibt völlig dem Gutdünken überlassen, wie weit man ihn nachher behufs Messung dehnen will; denn auch seine Dehnbarkeit ist eine weit grössere, als die des markhaltigen Nerven, obwohl ich hierüber, mangels eigens darauf gerichteter Messungen, keine ziffermässigen Angaben beibringen kann. Ich habe mir, um die Länge der betreffenden Strecke festzustellen, nicht anders helfen können, als dass ich den Nerven zunächst mit Längs- und Querschnitt den ableitenden Elektroden so anlegte, dass die abgeleitete Strecke einen Bogen von grösserem oder geringerem Krümmungsradius bildete; hierauf wurde die eine Elektrode von der anderen so weit entfernt, bis das zwischen ihnen ausgespannte Stück möglichst geradlinig verlief. In eben derselben Weise wurde mit den Antheilen des Nerven verfahren, welcher zwischen der Längsschnittselektrode und den Reizelektroden lagen.

---

[1] H. v. Helmholtz, Messungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckung animalischer Muskeln und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven. Archiv für Anatomie u. s. w. 1850, S. 339. — Wissenschaftliche Abhandlungen, Bd. II, Leipzig 1883, S. 820.

Nach Schluss des Versuches wurden dann an den in ihrer Stellung belassenen Nerven die betreffenden Strecken durchgemessen. Aber auch bei sorgfältigster Einhaltung dieses Verfahrens, welches mir nach einiger Übung immer noch die besten Resultate ergab und — was bei der Hinfälligkeit des Nerven sehr wesentlich ist — auch nicht allzulange Zeit in Anspruch nahm, schätze ich den bei der Längenmessung begangenen Fehler auf immerhin ± 5 *mm.*

Bezeichnen wir den durch eine ungenaue Messung der Strecke s begangenen Fehler mit f_s und den daraus sich ergebenden Fehler im Resultate mit F_s, so ist nach den Regeln der Fehlerrechnung

$$F_s = f_s \frac{\partial\left(\frac{s}{t}\right)}{\partial s} = f_s \frac{1}{t}.$$

Die Grösse g ist nach obiger Formel aber auch eine Function von t, und es fragt sich weiter, in welchem Masse durch fehlerhafte Bestimmung von t der Werth von g beeinflusst werden kann. Ist f_t der bei der Bestimmung von t begangene Fehler und ist F_t der dadurch bedingte Fehler des Resultates, so ist

$$F_t = f_t \frac{\partial\left(\frac{s}{t}\right)}{\partial t} = -f_t \frac{s}{t^2}.$$ [1]

---

[1] Die genauen Werthe für diesen von f_t herrührenden Fehler sind für ein negatives f_t:

$$F_t = f_t \frac{s}{(t-f_t)\,t} = f_t \frac{s}{t^2-f_t t},$$

für ein positives f_t:

$$F_t = -f_t \frac{s}{(t+f_t)t} = -f_t \frac{s}{t^2+f_t t}.$$

Erlaubt man sich, im Nenner dieser beiden Ausdrücke die Producte $f_t t$ zu vernachlässigen, was mit Rücksicht auf ihre Grössenordnung zulässig ist, so werden die beiden Ausdrücke $= f_t \frac{s}{t^2}$, resp. $-f_t \frac{s}{t^2}$; der erstere Werth ist aber

Die beiden partiellen Differentialquotienten behalten ihr Vorzeichen, wenn f_s und f_t positiv sind, d. h. wenn die gemessene Nervenstrecke zu gross, die Zeit, welche vom Momente der Reizung bis zum Beginne der negativen Schwankung verstreicht, respective jene, welche der Differenz der beiden Schieberstellungen einmal bei entfernterer und dann bei näherer Reizung entspricht, zu klein gefunden worden ist. Ist dagegen s zu klein und t zu gross gefunden worden, so sind beide Differentialquotienten mit entgegengesetztem Vorzeichen zu nehmen. Fragen wir endlich nach dem Gesammtfehler, welcher aus den beiden Beobachtungsfehlern f_s und f_t zusammengesetzt ist, so hat dieser offenbar den grössten Werth

$$\frac{\pm f_s t + f_t s}{t^2}.$$

wenn entweder s zu gross und t zu klein gefunden worden ist oder beide umgekehrt. Der zu erwartende mittlere Gesammtfehler ist

$$\pm\sqrt{F_s^2 + F_t^2} = \frac{\pm\sqrt{(f_s t)^2 + (f_t s)^2}}{t}.$$

Der so bestimmte Fehler erklärt aber die Abweichungen von dem wahrscheinlichsten Mittelwerthe vollständig. Ist z. B. im Versuche XXVII *e* bei Bestimmung der Länge der Nervenstrecke ein Fehler von 5 *mm*, bei Bestimmung der Zeit ein solcher von 0·0005″ gemacht worden, so ist der von f_s stammende Fehler $F_s = \pm 746$ *mm*, der von f_t stammende $F_t = \pm 278$ *mm*. Im ungünstigsten Falle beträgt also der Gesammtfehler ± 1024 *mm*, im wahrscheinlichen Falle ± 796 *mm*.

Verweilen wir noch einen Augenblick bei den beiden zuletzt gefundenen Werthen für *Eledone*, $g = 637 \pm 31$ *mm* ($RA = 2$ *cm*) und $g = 741 \pm 80$ *mm* ($RA = 0$). Wenn man aus den unter den gleichen Bedingungen angestellten Ver-

---

nichts anderes als der negativ gewonnene mit f_t multiplicirte partielle Differentialquotient von $\frac{s}{t}$ nach t, der zweite ist dieser Differentialquotient selbst multiplicirt mit f_t.

suchen v. Uexküll's, mit Ausschluss des Versuches, welcher an einem mit Eiswasser gekühlten Nerven gemacht worden ist, den wahrscheinlichsten Mittelwerth für die Geschwindigkeit der Erregungsleitung berechnet, so findet man dieselbe $= 715 \pm 40$ *mm*. Diese Zahl stimmt mit jeder nur wünschenswerthen Genauigkeit mit den aus meinen Versuchen abgeleiteten Mittelwerthen für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung überein. Daraus ergibt sich also, dass im marklosen Nerven der Erregungsvorgang und der Vorgang der negativen Schwankung eine und dieselbe Geschwindigkeit besitzen. Wir werden also auch schliessen dürfen, dass der Vorgang der Erregung und jener, welchen wir durch die Erscheinung der negativen Schwankung wahrnehmen, ein und derselbe ist. Endlich werden wir mit Rücksicht auf die von mir gefundene Vergrösserung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung bei Steigerung der Reizintensität auch für die Erregung selbst den Satz aufstellen dürfen, dass dieselbe bei stärkeren Reizen rascher in der marklosen Nervenfaser abläuft, als bei schwächeren. An den marklosen Nervenfasern von *Anodonta* hatte, wie oben bereits bemerkt worden ist, Fick auf einem ganz anderen Wege dasselbe gefunden.

Es erübrigt mir jetzt noch, zu untersuchen, wodurch die so beträchtlichen Differenzen zwischen der zweiten Gruppe von Mittelwerthen für g, welche durchweg unter 1 *m* betragen, und der ersten, in welcher g zwischen 2 *m* und 3·5 *m* liegt, bedingt sein können. Dass es sich hier nicht um den oben erörterten Einfluss von Beobachtungsfehlern handeln kann, ist ohne Weiteres klar; auch darf nicht daran gedacht werden, dass die niedrigen Werthe für g, welche sich bei *Eledone* ergaben, etwa dadurch bedingt sein könnten, dass in den betreffenden Versuchen jedesmal beide der Länge nach aneinandergelegte Nerven verwendet wurden. Ein solches Verhalten hätte erstens keinerlei Analogie mit dem am markhaltigen Froschnerven beobachteten, ausserdem ergibt sich aus den betreffenden *Octopus*-Versuchen, die nur mit einem Nerven angestellt wurden, ein ebenso geringer Werth für g. Nun gehören aber

die hohen Werthe für *g* durchwegs einer späteren Jahreszeit an als die niedrigen, wenn man vom Versuche XXXVII absieht, welcher auch bei der Berechnung der Mittelwerthe ausgeschlossen worden ist. Dieser Einfluss der Jahreszeit kann aber in unserem Falle nicht anders gedeutet werden, als dass die höhere Temperatur eine Vergrösserung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung oder, wie wir jetzt auch sagen dürfen, der Erregung bedinge. Leider habe ich es versäumt, in jedem einzelnen Falle die Temperatur des Galvanometerzimmers und des Seewassers, in welchem die Thiere vor dem Versuche gehalten worden waren, zu bestimmen. Doch weiss ich mich ganz sicher zu entsinnen, dass von Mitte April bis Anfang Mai d. J., in welche Zeit die Versuche mit grossen Werthen von *g* fallen, die Temperatur des Galvanometerzimmers, entsprechend der hohen Aussentemperatur, fast durchwegs eine sehr hohe war. Umgekehrt war gerade in diesem Jahre bis Anfang April die Temperatur in Neapel eine sehr niedrige.

Diese Abhängigkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung von der Temperatur steht in völliger Analogie mit den von anderen Untersuchern gemachten Beobachtungen.

Bei *Eledone* hat schon v. Uexküll[1] in einem seiner Versuche eine Verringerung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit durch Abkühlung der Nerven mit Eiswasser beobachtet, und die analogen Beobachtungen liegen von Fredericq und Vandevelde[2] für die Scheerennerven des Hummers vor. Am motorischen Froschnerven hat v. Helmholtz[3] eine sehr

---

[1] J. v. Uexküll, Physiologische Untersuchungen an *Eledone moschata*. III. Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung in den Nerven. Zeitschrift für Biologie, Bd. XXX, N. F. XII, S. 322.

[2] L. Fredericq et G. Vandevelde, Vitesse de transmission de l'excitation motrice dans les nerfs du Homard. Comptes rendus. Tome XCI. S. 239.

[3] H. v. Helmholtz, Messungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckung animalischer Muskeln und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven. Archiv für Anatomie u. s. w. 1850, S. 359 ff. — Wissenschaftliche Abhandlungen. Bd. II, Leipzig 1883, S. 838 ff. — Derselbe, Messungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven. Zweite Reihe. Archiv für Anatomie u. s. w. 1852, S. 216. — Wissenschaftliche Abhandlungen. Bd. II, Leipzig 1883, S. 860.

beträchtliche Verlangsamung der Nervenleitung (bis auf ein Zehntel ihres Werthes) durch Kälte gefunden und einen gleichen Einfluss der Temperatur in Gemeinschaft mit Baxt[1] auch an den motorischen Nerven des Menschen beobachtet; sie konnten hier die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung in ausgiebigem Masse willkürlich vergrössern oder verkleinern, je nachdem sie das Handgelenk oder den ganzen Arm künstlich erwärmten oder abkühlten; die Leitungsgeschwindigkeit liess sich so zwischen 30 und fast 90 *m* variiren. Wir haben also wohl allen Grund, auch in unserem Falle die Erhöhung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit auf das Drei- bis Fünffache in den bei vorgerückter Jahreszeit angestellten Versuchen als durch die erhöhte Temperatur bedingt anzusehen. Wir werden endlich aus den für *Octopus* und *Eledone* gefundenen Werthen für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung, so weit sie überhaupt unter sich vergleichbar sind, auch den Schluss ziehen dürfen, dass dieselbe cet. par. bei diesen beiden Cephalopodenspecies die gleiche ist.

Der für *Scaeurgus tetracirrus* gefundene Mittelwerth entspricht ungefähr dem arithmetischen Mittel aus den beiden oben berechneten Mittelwerthen; es ist wohl anzunehmen, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung auch bei dieser Cephalopodenspecies cet. par. dieselbe sein wird, wie bei *Octopus* und *Eledone*; doch ist die Zahl der hiehergehörigen Versuche eine zu geringe, als dass eine weitere Discussion derselben am Platze wäre. Der eine, nur gelegentlich an *Eledone Aldrovandi* angestellte Versuch ergibt für *g* einen Werth, welcher sich den für *Eledone* und *Octopus* gefundenen kleinen Werthen gut anschliesst.

4. Dauer der negativen Schwankung.

Wir haben schon gesehen, dass der Vorgang der negativen Schwankung innerhalb einer von Längs- und Querschnitt ab-

---

[1] H. v. Helmholtz, Neue Versuche über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den motorischen Nerven des Menschen, ausgeführt von N. Baxt aus Petersburg. Monatsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 31. März 1870, S. 184. — Wissenschaftliche Abhandlungen, Bd. II, Leipzig 1883, S. 939.

geleiteten Nervenstrecke kein momentaner ist, sondern sich über einen mittelst des Rheotoms sehr wohl messbaren Zeitraum erstreckt. Diese Dauer der ganzen negativen Schwankung nach einem einzelnen Reizstosse kann in der Weise bestimmt werden, dass man die Schieberstellungen aufsucht, welche dem Anfange und Ende der negativen Schwankung entsprechen, und von der, der Differenz dieser Stellungen entsprechenden Zeit diejenige Zeit in Abzug bringt, welche der Boussoleschluss selbst bei jedem einzelnen Umlaufe des Rheotoms in Anspruch nimmt. Es ist also, wenn wir jene Schieberstellung, bei welcher der erste Ausschlag im Sinne einer negativen Schwankung beobachtet wird, mit Sch_a, und jene, bei welcher dieselbe eben verschwunden ist, mit Sch_e bezeichnen, die Dauer der ganzen Schwankung

$$\vartheta = (Sch_e - Sch_a)\, U_r - \tau,$$

worin τ die Boussolezeit $U_r\ (Sch_1 - Sch_2)$ bedeutet.

Nach dieser Formel ergeben sich für die Dauer der negativen Schwankung die in den folgenden Tabellen zusammengestellten Werthe; auch hier sind die bei den zwei verschiedenen Reizstufen gefundenen Werthe von g wieder gesondert mitgetheilt, damit eine etwa bestehende Beziehung zwischen Reinzintensität und Dauer der negativen Schwankung hervortritt.

A. Octopus vulgaris.

$RA = 2$ *cm.*

	lq	ϑ
Versuch XXIII	7 *mm*	0·0085″
» XXXV	18	0·0103
Wahrscheinlichster Mittelwerth		0·0094
Wahrscheinlicher Fehler des Mittelwerthes		± 0·0006
Derselbe der einzelnen Beobachtung		± 0·0009

$RA = 0.$

	lq	ϑ
Versuch II	7 *mm*	0·0145″
» XXIV	11	0·0127

Versuch XXVII	15 *mm*	0·0144″ / 0·0103
» XXVIII	14	0·0082 / 0·0103
» XXXIII	10	0·0082 / 0·0062

Wahrscheinlichster Mittelwerth .... 0·0106
Wahrscheinlicher Fehler des Mittelwerthes .... ± 0·0007
Derselbe der einzelnen Beobachtung .... ± 0·0020

Ba. Eledone moschata.

RA = 2 *cm.*

	lq	ϑ
Versuch XXIX	10 *mm*	0·0083″
» XXXVII	4	0·0082
(» XXXVIII	5	0·0036)
» XXXIX	8	0·0077

Wahrscheinlichster Mittelwerth (nach Ausscheidung von Versuch XXXVIII) .... 0·0081
Wahrscheinlicher Fehler des Mittelwerthes .... ± 0·0001
Derselbe der einzelnen Beobachtung .... ± 0·0002

RA = 0.

	lq	ϑ
Versuch XXV	11 *mm*	0·0137″
» XXVI	12	0·0095
» XXX	8	0·0113
» XXXI	11	0·0083

Wahrscheinlichster Mittelwerth .... 0·0107
Wahrscheinlicher Fehler des Mittelwerthes .... ± 0·0008
Derselbe der einzelnen Beobachtung .... ± 0·0016

Bb. Eledone moschata DN.

RA = 2 *cm.*

	lq	ϑ
Versuch III	4 *mm*	0·0084″
» IV	5	0·0076

Versuch V	5 *mm*	0·0086
» VII	4	0·0105
» X	5	0·0078
» XII	4	0·0088
» XIV	4	0·0087

Wahrscheinlichster Mittelwerth	0·0086
Wahrscheinlicher Fehler des Mittelwerthes	± 0·0002
Derselbe der einzelnen Beobachtung	± 0·0006

$RA = 0.$

	lq	ϑ
Versuch IX	4 *mm*	0·0139″
» XV	6	0 0179

Wahrscheinlichster Mittelwerth	0·0159
Wahrscheinlicher Fehler des Mittelwerthes	± 0·0013
Derselbe der einzelnen Beobachtung	± 0·0019

Erlaubt man sich die Annahme, dass die Dauer der negativen Schwankung cet. par. bei *Octopus* und *Eledone* dieselbe ist, so ergibt sich aus den Mittelwerthen

$$\left.\begin{array}{l}\vartheta = 0\cdot0094 \pm 0\cdot0006'' \\ \vartheta = 0\cdot0081 \pm 0\cdot0001 \\ \vartheta = 0\cdot0086 \pm 0\cdot0002\end{array}\right\} RA = 2\,cm$$

als wahrscheinlichster Mittelwerth, nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet

$$\vartheta = 0\cdot0082''.$$

und ebenso aus den Mittelwerthen

$$\left.\begin{array}{l}\vartheta = 0\cdot0106 \pm 0\cdot0007'' \\ \vartheta = 0\cdot0107 \pm 0\cdot0008 \\ \vartheta = 0\cdot0159 \pm 0\cdot0013\end{array}\right\} RA = 0$$

$$\vartheta = 0\cdot0113''.$$

Diese beiden Mittelwerthe zeigen in der That, dass die Dauer der Schwankung bei grösserer Reizintensität eine längere ist.

Diese Abhängigkeit der Dauer der negativen Schwankung von der Reizintensität ist eine viel evidentere als die der Fortpflanzungsgeschwindigkeit, wie folgende Rechnung ergibt. Es liegt für $\vartheta = 0 \cdot 0086 \pm 0 \cdot 0002''$ ($RA = 2\,cm$) und $\vartheta = 0 \cdot 0159 \pm$ $\pm\, 0 \cdot 0013''$ ($RA = 0$) der wahre Werth von ϑ

für $RA = 2\,cm$

mit der Wahrscheinlichkeit

1	gegen	1	zwischen	0·0088″	und	0·0084″
10	»	1	»	0·0091	»	0·0081
100	»	1	»	0·0094	»	0·0078
1000	»	1	»	0·0096	»	0·0076

für $RA = 0$

mit der Wahrscheinlichkeit

1	gegen	1	zwischen	0·0172″	und	0·0146″
10	»	1	»	0·0191	»	0·0127
100	»	1	»	0·0208	»	0·0110
1000	»	1	»	0·0221	»	0·0097

Es ist also in diesem Falle die Wahrscheinlichkeit 1000 : 1, dass die Dauer der negativen Schwankung bei grösserer Reizintensität eine längere ist als bei geringerer Reizintensität.

Es wäre wünschenswerth gewesen, diese Abhängigkeit der Dauer der negativen Schwankung von der Reizintensität in der Weise noch weiter zu verfolgen, dass man die Reizstärken noch mannigfacher variirt hätte. Dies war jedoch bei meinen Versuchen aus folgenden Gründen nicht durchführbar. Eine Steigerung der Reizintensität, die ja, da die maximalen Reizintensitäten bei einem Rollenabstande $= 0$ erhalten wurden, nur durch Steigerung der Intensität des primären Stromes hätte erreicht werden können, erschien schon mit Rücksicht auf die Möglichkeit unipolarer Reizung der Nerven in der Boussolestrecke nicht angezeigt. Eine Herabsetzung der Intensität durch weiteres Abschieben der secundären von der primären Rolle war deshalb nicht thunlich, weil dann, wie der Versuch zeigte, die einzelnen Ausschläge im

Galvanometer meist so klein wurden, dass eine genauere Verfolgung des zeitlichen Ablaufes der Schwankung nicht mehr möglich war. Ich habe mich deshalb auf die beiden gewählten Reizintensitäten beschränkt, bei denen übrigens die Abhängigkeit zwischen Reizstärke und Dauer der Schwankung, wie eben gezeigt worden ist, mit jeder nur wünschenswerthen Deutlichkeit hervortritt.

Ein Einfluss der Länge der abgeleiteten Strecke auf die Dauer der negativen Schwankung lässt sich nach meinen Versuchen nicht erkennen, wenn es auch, wie Bernstein[1] zuerst betont hat, sehr wahrscheinlich ist, dass ein solcher existirt.

C. Scaeurgus tetracirrus.

$RA = 2$ *cm.*

	lq	ϑ
Versuch XXII	5 *mm*	0·0060″

$RA = 0.$

	lq	ϑ
Versuch XX	8 *mm*	0·0177″
» XXI	9	0·0124

Wahrscheinlichster Mittelwerth	0·0150
Wahrscheinlicher Fehler des Mittelwerthes	± 0·0017
Derselbe der einzelnen Beobachtung	± 0·0024

Die aus diesen Versuchen berechneten Werthe von ϑ stimmen mit den für *Octopus* und *Eledone* gefundenen in befriedigender Weise überein; sie zeigen vor Allem, dass auch hier die Dauer der negativen Schwankung bei grösserer Reizintensität eine längere ist. Da die Zahl der hiehergehörigen Versuche eine sehr geringe ist, so sind sie bei der Berechnung der Mittelwerthe von ϑ nicht weiter berücksichtigt worden.

Die Dauer der negativen Schwankung lässt sich nun, wie Bernstein gezeigt hat, auch noch in anderer Weise ermitteln. Wird nämlich, wie es in den Versuchen der Reihe III geschehen ist, zunächst diejenige Schieberstellung (Sch_e) auf-

[1] J. Bernstein, l. c. S. 191.

gesucht, welche dem Ende der negativen Schwankung entspricht, so ist $(Sch_e - Sch_1) U_r$ die Zeit von der Reizung bis zum Ende der negativen Schwankung. Berechnet man weiter aus der schon durch die anderen Versuche ermittelten Fortpflanzungsgeschwindigkeit die Zeit t, welche verstreicht, bis die Schwankung an der ersten ableitenden Längsschnittselektrode angelangt ist, so ergibt sich die Dauer der negativen Schwankung aus der Formel

$$\vartheta = (Sch_e - Sch_1) U_r - t.$$

Diese Methode bietet den Vortheil, dass der Nerv noch nicht durch zu häufige Reizungen ermüdet ist zu einer Zeit, da man bereits über alle Daten zur Berechnung von ϑ verfügt. Die hiehergehörigen Versuche wurden allerdings auch dann in der Weise fortgesetzt, dass man den Schieber des Apparates so weit in einem der sonstigen Bewegungsrichtung entgegengesetzten Sinne vorschob, bis die übrigen Theile der Schwankung und auch ihr Beginn aufgefangen waren. So konnte dann auch aus diesen Versuchen nicht nur die Dauer der Schwankung in der gewöhnlichen Weise berechnet, sondern auch die ganze Schwankungscurve von rückwärts construirt werden, und es war der zweite aufsteigende Theil dieser Curve unter analogen Bedingungen gewonnen, wie in den übrigen Versuchen der absteigende.

Es bedarf kaum der Bemerkung, dass zur Berechnung von ϑ nach dieser Methode für g ein Mittelwerth genommen wurde, bei dessen Berechnung die aus denselben Versuchen sich ergebenden Werthe für diese Grösse ausgeschlossen worden waren. Die betreffenden Mittelwerthe sind für Versuch X ($RA = 2\,cm$) $g = 647 \pm 35\,mm$ (wahrscheinlichster Mittelwerth aus den Versuchen III, IV, V, VII, XII, XIV, und XIX), für den Versuch XXIX ($RA = 2\,cm$) $g = 2049 \pm 230\,mm$ (wahrscheinlichster Mittelwerth aus den Versuchen XXIX und XXXVIII), für die Versuche XXX und XXXI ($RA = 0$) $g =$ $= 1892 \pm 182\,mm$ (wahrscheinlichster Mittelwerth aus den Versuchen XXV und XXVI).

In den folgenden Tabellen sind die so gefundenen Werthe für ϑ (sie beziehen sich sämmtlich auf *Eledone moschata*) in

dem Stabe ϑ (II. M.) angeführt; zum Vergleiche habe ich auch die sich aus diesen Versuchen nach der I. Methode ergebenden Werthe für ϑ in dem Stabe ϑ (I. M.) nochmals zusammengestellt.

$RA = 2$ *cm.*

	lq	ϑ (I. M.)	ϑ (II. M.)
Versuch X	5 *mm*	0·0078″	0·0096″
» XXXIX	8	0·0077	0·0070
Wahrscheinlichster Mittelwerth		0·00775	0·0083
Wahrscheinlicher Fehler des Mittelwerthes		± 0·00005	0·0009
Derselbe der einzelnen Beobachtung		± 0·00003	0·0012

$RA = 0.$

	lq	ϑ (I. M.)	ϑ (II. M.)
Versuch XXX	8 *mm*	0·0113″	0·0107″
» XXXI	11	0·0083	0·0075
Wahrscheinlichster Mittelwerth		0·0098	0·0091
Wahrscheinlicher Fehler des Mittelwerthes		± 0·0010	± 0·0011
Derselbe der einzelnen Beobachtung		± 0·0014	± 0·0015

Auch die nach der II. Methode berechneten Werhe von ϑ sprechen vor Allem dafür, dass die Dauer der negativen Schwankung eine umso längere ist, je grösser die Reizintensität. Freilich ist dieses Verhalten an ihnen durchaus nicht so eclatant zu demonstriren, wie an den früher gefundenen Werthen von ϑ, weil eben die Anzahl der hiehergehörigen Versuche wieder nur eine kleine ist. Bemerkenswerth erscheint auch noch der Umstand, dass in den Versuchen XXX, XXXI und XXXIX die nach der zweiten Methode für ϑ gefundenen Werthe kleiner sind, als die nach der ersten sich ergebenden. Es würde dies wohl nichts anderes heissen, als dass am relativ unermüdeten Nerven die Dauer der Schwankung etwas kürzer ausfällt, als am ermüdeten. Um

diesen Satz, der ja a priori nicht unwahrscheinlich ist, jedoch als allgemein giltig hinstellen zu können, müsste die Anzahl der Versuche eine viel grössere sein; denn wie sich aus den für die wahrscheinlichen Fehler der einzelnen Beobachtungen berechneten Werthen ergibt, liegen die Differenzen zwischen beiden Werthen von ϑ noch innerhalb der Fehlergrenzen. Ein Einfluss der abgeleiteten Strecke auf die Dauer der Schwankung lässt sich auch bei dieser Art der Berechnung von ϑ nicht nachweisen.

5. Absolute Grösse der negativen Schwankung.

»Dass die Gesammtstärke der negativen Schwankung welche bei dauernd geschlossenem Nervenstrome, unter Einwirkung tetanisirender Reize am Galvanometer sichtbar wird, mit der Stärke der Reizung zunimmt, ist bereits von du Bois-Reymond gezeigt worden. Diese Erscheinung könnte nun verschiedene Ursachen haben. Entweder es nimmt die Intensität der einzelnen, auf jeden Reiz folgenden Schwankungen, mit der Stärke der Reize bei gleichbleibender Dauer derselben zu, oder es nimmt die Dauer zu bei gleichbleibender Intensität, oder endlich es verändern sich beide Grössen gleichzeitig in demselben Sinne«.

Von diesen drei von Bernstein statuirten Möglichkeiten entspricht nach seinen Untersuchungen für den motorischen Froschnerven nur die erste der Wirklichkeit; mit der Stärke der Reize wächst einfach die Höhe der Schwankungscurve, ohne dass die Dauer der Schwankung dabei wesentlich zunimmt; wenigstens ist es ihm nicht gelungen, eine gesetzmässige Veränderung der Dauer bei Variirung der Reizstärke mit den ihm zu Gebote stehenden Hilfsmitteln festzustellen.

Auch an den bisher untersuchten marklosen Nerven wächst die Gesammtstärke der negativen Schwankung bei dauernd geschlossenem Nervenkreise unter tetanisirender Reizung bei Steigerung der Reizintensität; und ein Blick auf die am Schlusse mitgetheilten Tabellen und Curven lehrt ohne Weiteres, dass auch für unsere Cephalopodennerven die Höhe der Schwankungscurve der Reizintensität direct proportional ist. Da wir aber soeben auch eine derartige Proportionalität zwischen

Dauer der negativen Schwankung und Reizintensität gefunden haben, so gilt für den marklosen Nerven der Cephalopoden der Satz, dass die Vergrösserung der Gesammtstärke der negativen Schwankung bei dauernd geschlossenem Nervenstrome bei Erhöhung der Reizintensität dadurch zu Stande kommt, dass Grösse und Dauer der Schwankung gleichzeitig zunehmen.

Eine weitere hieher gehörige Frage ist, bis zu welcher Grösse die negative Schwankung anwachsen kann, wenn man die Reize verstärkt, ob, wie dies Bernstein[1] für den markhaltigen Froschnerven gefunden hat, auch am marklosen Nerven in dem Momente, in welchem die negative Schwankung ihr Maximum erreicht hat, der abgeleitete Strom $= 0$ ist, respective sich umkehrt. Diese Frage hat Bernstein in der Weise mit dem Rheotom entschieden, dass er den Boussoleschluss so kurz als möglich machte und dann jene Schieberstellung aufsuchte, welche dem Maximum der Schwankung entsprach. Wurde dann die Compensation aufgehoben und zunächst der Bruchtheil des Stromes gemessen, welchen das in Rotation befindliche Rheotom im Boussolekreise bestehen liess, sodann der Schlüssel zum Tetanisiren geöffnet, so ergab sich, dass am Froschnerven in der That die negative Schwankung bei stärkeren Reizen die Grösse des Ruhestromes um ein Vielfaches übertreffen könne.

Bei Wiederholung der Versuche hat dann allerdings L. Hermann[2] zunächst die Schwankung stets beträchtlich kleiner gefunden als den Ruhestrom, und auch Bernstein[3] selbst hatte schon vorher die Richtigkeit seiner eigenen Beobachtungen bezweifelt und Täuschungen durch Elektrotonus vermuthet. Th. W. Engelmann[4] hat gemeint, dass das Resultat

---

[1] J. Bernstein, l. c. S. 194.

[2] L. Hermann, Untersuchungen über die Actionsströme des Nerven. I. Pflüger's Archiv, Bd. XVIII, S. 585.

[3] J. Bernstein, Über den Elektrotonus und die innere Mechanik des Nerven. Pflüger's Archiv. Bd. VIII, S. 53. Anm.

[4] Th. W. Engelmann, Vergleichende Untersuchungen zur Lehre von der Muskel- und Nervenelektricität. Pflüger's Archiv, Bd. XV, S. 142.

Bernstein's möglicherweise durch die von ihm[1] beobachtete Abnahme der elektromotorischen Kraft des künstlichen Querschnittes bedingt sein könnte. Dann müsste aber, wie Hermann[2] bemerkt, in gleichem Masse auch die negative Schwankung abnehmen, »da sich der Querschnitt durch das Verschwinden der Kraft dem Verhalten eines Längsschnittspunktes nähert und die »schwachen Ströme« auch eine entsprechend geringere negative Schwankung zeigen.«

Später hat jedoch Hermann[3] diese Frage doch im Sinne von Bernsteins ursprünglicher Annahme beantwortet, indem er statt vom thermischen Querschnitte, der beim Anlegen dadurch schädigend wirkt, dass die dünnen Nerven von den Dämpfen des heissen Wassers leiden, vom mechanisch (durch Zerquetschung) angelegten Querschnitte ableitete. Bei dieser Art zu experimentiren hat er öfters Fälle beobachtet, in welchen die negative Schwankung auf ihrer Höhe den Ruhestrom bis über das Doppelte übertraf.

Einige Jahre später hat dann H. Head[4] in einer Arbeit, die unter Hering's Leitung mittelst eines von diesem construirten Rheotoms ausgeführt worden war, es aus theoretischen Gründen für unwahrscheinlich erklärt, »dass der Schwankungsstrom den Nervenstrom um ein Vielfaches übertreffen werde, solange die Stärke der reizenden Inductionsströme innerhalb jener, allerdings engen Grenzen bleibt, wo eine directe Reizung der Nerven in der abgeleiteten Strecke (Boussolestrecke) durch unipolare Wirkungen mit voller Sicherheit ausgeschlossen ist.« Seine Versuche boten ihm gleichfalls keinen Anlass, so starke Schwankungsströme anzunehmen, wie dies Bernstein und Hermann thun, wobei er allerdings ausdrücklich bemerkt, dass seine Methode nur gestattete zu berechnen, wie hoch die Curve der negativen Schwankung mindestens sein muss, nicht aber,

---

1 Th. W. Engelmann, l. c. S. 138.

2 L. Hermann, Handbuch der Physiologie, II. Bd., 1. Theil, Leipzig 1879, S. 153. Anm.

3 Derselbe, Untersuchungen über die Actionsströme des Nerven. II. Pflüger's Archiv, Bd. XXIV, S. 254.

4 H. Head, Über die negativen und positiven Schwankungen des Nervenstromes. Pflüger's Archiv XL. S. 207.

wie es das Bernstein'sche Verfahren ermöglicht, wie hoch sie wirklich ist.

Für den marklosen Nerven der Cephalopoden konnten, da ich durchaus ohne Compensation arbeitete, meine Versuche (vergl. unter Anderem die Versuche XXXI und XXXIX, die bei zwei verschiedenen Reizstärken ausgeführt worden sind) zur Entscheidung dieser Frage ohne Weiteres herangezogen werden. Sie ergaben sämmtlich das Resultat, dass auch bei jener Schieberstellung, welche dem Maximum der negativen Schwankung entspricht, diese letztere nur eine mehr weniger beträchtliche Schwächung des Ruhestromes bewirkt, nie aber zur Annullirung desselben, oder gar zur Stromumkehr führt.

IV. Zusammenfassung der Resultate und Schlussbemerkungen.

Ich will zunächst die Ergebnisse der vorstehenden Untersuchungen noch einmal zusammenstellen.

1. Auch für den Strom des von Längs- und Querschnitt abgeleiteten marklosen Mantelnerven der Cephalopoden ist das von du Bois-Reymond für den markhaltigen Wirbelthiernerven aufgestellte Gesetz des Nervenstromes giltig. Die Messung der elektromotorischen Kraft ergibt einen, im Vergleiche zum markhaltigen Nerven, hohen Betrag für dieselbe; bei wirksamster Ableitung vom Querschnitt und Äquator des frischen Nerven liegt sie zwischen den Grenzen 0·0256 D. und 0·0135 D.

2. Die negative Schwankung, welche im Gefolge tetanisirender Reizung auftritt, besteht nicht in einer, der Zeit nach, constant bleibenden Schwächung des Stromes, sondern in einem, jedem Einzelreize sehr rasch folgenden Absinken und Wiederansteigen desselben, wobei das Absinken ein steiles, das Ansteigen ein langsames ist.

3. Zwischen dem Momente der Reizung an einer Stelle des Nerven und dem Beginne der Schwankung an einer, in gewisser Entfernung befindlichen abgeleiteten Strecke, vergeht eine messbare Zeit, welche der Entfernung zwischen Reizstelle und erster ableitender Längsschnittselektrode proportional ist.

Der Abstand zwischen Reizstelle und Querschnitt ist dagegen gleichgiltig. Daraus folgt, dass der Vorgang der negativen Schwankung in der abgeleiteten Strecke genau in dem Momente beginnt, in welchem die Fortpflanzung bis zur Längsschnittselektrode stattgefunden hat. Weiter zeigt sich, dass zwischen dem Momente der Reizung durch Inductionsströme und dem Beginne der Schwankung an der gereizten Stelle kein durch unsere Mittel messbarer Zeitraum vergeht.

4. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung wächst mit steigender Temperatur und steigender Reizintensität und hat dieselbe Geschwindigkeit, wie der Erregungsvorgang selbst. Daraus kann gefolgert werden, dass der Vorgang der Erregung und jener, welcher sich in der Erscheinung der negativen Schwankung ausdrückt, ein und derselbe ist, und ferner, dass auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung bei höherer Temperatur und grösserer Reizintensität eine grössere sein wird.

5. Die Dauer der negativen Schwankung — und dies möchte ich als ein Hauptergebnis meiner Untersuchungen hinstellen — ist eine Function der Reizintensität; sie steigt und sinkt mit der letzteren. Auch die Ermüdung des Nerven scheint die Dauer der negativen Schwankung in der Weise zu beeinflussen, dass dieselbe am relativ unermüdeten Nerven cet. par. eine kürzere ist. Ein Einfluss der Länge der abgeleiteten Strecke auf die Dauer der negativen Schwankung lässt sich dagegen nicht nachweisen.

6. Die Vergrösserung der Gesammtstärke der negativen Schwankung, welche man bei dauernd geschlossenem Nervenstrome unter Einwirkung tetanisirender Reizung bei Steigerung der Reizintensität wahrnimmt, ist dadurch bedingt, dass Grösse und Dauer der Einzelschwankungen gleichzeitig zunehmen.

7. Die negative Schwankung bewirkt auch auf ihrem Maximum nur eine mehr weniger beträchtliche Schwächung des Ruhestromes und führt nicht zur

Annullirung desselben, geschweige denn zur Stromumkehr.

Aus den im Vorstehenden mitgetheilten Untersuchungen ergeben sich also zunächst eine Reihe weitgehender Analogien im Ablaufe der negativen Schwankung einerseits am markhaltigen Froschnerven, anderseits am marklosen motorischen Nerven der Cephalopoden. Vor Allem stellt sich in beiden Fällen die negative Schwankung bei tetanisirender Reizung als ein jeder Reizung sehr rasch folgendes Absinken und Wiederansteigen des Längsquerschnittstromes dar, wobei das Absinken ein steiles, das Ansteigen ein langsames ist. Es fehlt ferner in beiden Nervengattungen ein Latenzstadium der negativen Schwankung, respective es ist ein solches mit den bisher zu Gebote stehenden Hilfsmitteln nicht nachzuweisen. Endlich stimmt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung in beiden Fällen mit der auf anderem Wege ermittelten Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Erregungsvorganges selbst überein, woraus man auf die Identität beider Processe schliessen kann.

Soweit die Analogien. Es ergeben sich aber des Ferneren auch eine Reihe von Unterschieden für beide Fasergattungen, welche besonders die Zeitwerthe für den Ablauf der negativen Schwankung betreffen. Für die Dauer derselben berechnet sich aus meinen Versuchen für die stärkeren Reize ein Mittelwerth von 0·0113″, für die schwächeren ein solcher von 0·0082″. Diese Werthe liegen weit über jenen, welche Bernstein[1] für die Dauer der negativen Schwankung am Froschischiadicus gefunden hat, wo sich dieselbe auf durchschnittlich 0·0007″ berechnet.

Später hat dann Hermann[2] an demselben Objecte einen Werth von 0·0056″ gefunden, und aus den Untersuchungen von Head[3] ergab sich ein Werth von 0·024″, welcher fast das Doppelte meines für die stärkeren Reize gefundenen Werthes beträgt. Hermann hat die aus seinen Versuchen abgeleitete

---

[1] J. Bernstein, l. c. S. 195.

[2] L. Hermann, Untersuchungen über die Actionsströme des Nerven. I. Pflüger's Archiv, Bd. XVIII, S· 584.

[3] H. Head. l. c. S. 237 ff.

grössere Dauer der negativen Schwankung zunächst darauf zurückgeführt, dass die von ihm angewendete Kälte den zeitlichen Verlauf der Erregung jedes Nervenelementes besonders in die Länge ziehe; doch ergaben weitere Versuche, dass auch bei gewöhnlicher Temperatur die Dauer der Schwankung eine weit grössere ist, als sie Bernstein gefunden hat. Hermann meint desshalb, dass seine sehr empfindliche Boussole und die Anwendung eines Paquets von sechs Nerven den letzten Theil der Schwankung besser erkennen liesse. Der von Head gefundene Werth lässt sich nach den Auseinandersetzungen dieses Forschers durch die Functionsweise des von ihm benützten Rheotoms erklären. Dieser Apparat gestattete, den absteigenden Theil der Curve der negativen Einzelschwankung viel weiter zu verfolgen, weil durch länger dauernde Schliessungen des Boussolekreises die Wirkung des Schwankungs- oder Actionsstromes auf den Magneten vergrössert und durch grössere Reizfrequenzen viel stärker multiplicirt werden konnte, als dies Bernstein und Hermann möglich war.

Seine Versuche bestätigten, dass die Grösse der negativen Schwankung in directer Abhängigkeit von der Grösse des Nervenstroms ist; dagegen ergab sich, dass sie auffallend unabhängig ist von der Ermüdung des Nerven — nach meinen Versuchen am marklosen Nerven, scheint, wie schon bemerkt, eine solche Abhängigkeit zu bestehen — in welcher Beziehung sie sich ganz anders verhält, als die positive Nachschwankung. Endlich zeigte sich, dass die Dauer der negativen Einzelschwankung im hohen Grade von dem jeweiligen Zustande der Frösche beeinflusst wird. An Winterfröschen ergab sich eine relativ lange Dauer der negativen Einzelschwankung trotz relativ kleiner negativer Gesammtschwankung, während die Frühlingsfrösche bei kurzer Dauer der Einzelschwankungen relativ grosse negative Gesammtschwankung zeigten.

Für den marklosen Cephalopodennerven können wir also jedenfalls schliessen, dass die Dauer der negativen Einzelschwankung unter allen Umständen länger sein wird, als am markhaltigen Froschnerven, da ich ja ein dem Bernstein'schen Verfahren principiell gleichwerthiges angewendet habe. Es steht allerdings zu erwarten, dass mit Hilfe eines dem

Hering-Head'schen analogen Verfahrens sich diese Dauer noch beträchtlich länger herausstellen wird.[1] Welche Bedeutung diese Verlängerung der Schwankungsdauer am marklosen Nerven hat, möchte schwer zu sagen sein; vielleicht steht sie in Beziehung zu der langsamen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwankung selbst; doch müssten, ehe ein solcher Zusammenhang statuirt werden könnte, jedenfalls noch genaue Analysen des Verlaufes der Schwankung an den marklosen Nervenfasern anderer Wirbellosen, vor Allem etwa der Crustaceen, vorliegen.

Die Verlängerung der Dauer der Schwankung mit steigender Reizintensität dürfte leicht zu erklären sein; doch erscheint es bei dem heutigen Zustande unserer Kenntnisse von dem eigentlichen Wesen des Erregungsprocesses nicht an der Zeit, sich hier in weitgehende theoretische Deductionen einzulassen. Aus meinen Versuchen ergibt sich weiterhin auch eine Abhängigkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung von der Reizintensität; für die markhaltigen Nerven liegen diesbezügliche Untersuchungen nicht vor; für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung, ausgedrückt durch die Muskelzuckung, ist diese Abhängigkeit am Vertebratennerven ebenso oft behauptet als bestritten worden, ohne dass bisher eine Einigung hätte erzielt werden können.

Dass die Vergrösserung der Gesammtstärke der negativen Schwankung, welche man bei dauernd geschlossenem Nervenstrome auf tetanisirende Reizung bei Steigerung der Reiz-

---

[1] Diese längere Dauer der Einzelschwankung erhöht natürlich die Brauchbarkeit des von mir benützten Bernstein'schen Repetitionsverfahrens für die genaue Analyse der Form und des Verlaufes der Schwankungscurve. Wie ja schon öfters bemerkt worden ist, gibt das Rheotom nicht einfach Ordinatenwerthe der gesuchten Curve, sondern die Integralwerthe des in die Boussolezeit hineinfallenden Theiles ihrer Fläche; bei kurzer Dauer der Schwankung wird dieses Verfahren, da die untere Grenze, bis zu welcher man die Boussolezeit herabdrücken kann, bald erreicht ist, nur sehr angenähert den Verlauf der Schwankungscurve zu finden gestatten; in unserem Falle, wo die Dauer der Schwankung 0·0082" bis 0·0113" beträgt, während die Boussolezeit zwischen den Grenzen 0·0003" und 0·0026" variirt, erfüllt das Rheotom seine Aufgabe einer punktweisen Construction der Schwankungscurve recht vollständig.

intensität wahrnimmt, am marklosen Cephalopodennerven darauf zurückzuführen ist, dass Grösse und Dauer der negativen Schwankung gleichzeitig zunehmen, ist eine Consequenz der von mir gefundenen Abhängigkeit der Dauer der negativen Schwankung von der Reizintensität, eine Abhängigkeit, welche beim markhaltigen Nerven bisher nicht beobachtet worden ist.

Eine Abweichung gegenüber dem markhalten Wirbelthiernerven zeigt sich endlich darin, dass in unserem Falle die Schwankung nur eine mehr weniger beträchtliche Schwächung des Ruhestromes, nie Annullirung desselben, oder gar Umkehr bewirkt. Allerdings hat Head auf Grund theoretischer Überlegungen gefolgert, dass es sich beim Froschnerven ebenso verhält.

Am Schlusse dieser Arbeit erfülle ich die angenehme Pflicht, einem hohen k. k. Ministerium für Cultus und Unterricht für die Überlassung eines Arbeitsplatzes an der zoologischen Station zu Neapel, einer hohen kaiserl. Akademie der Wissenschaften für die mir zur Vollendung der vorstehenden Arbeit gewährte Subvention meinen ehrerbietigsten Dank abzustatten.

Des Ferneren danke ich den Herren Beamten der Station für ihr liebenswürdiges Entgegenkommen, vor Allem dem Vorsteher der physiologischen Abtheilung, Herrn Prof. K. Schoenlein, welcher mir alle Behelfe der modernen elektrophysiologischen Methodik zur Verfügung stellte, und dem Herrn Conservator, Cav. S. Lo Bianco, durch dessen nimmermüde Fürsorge ich während meines ganzen Aufenthaltes in reichstem Masse mit Material versehen wurde.

Versuchsreihe I.

Versuch II. 17/III. 94. *Octopus vulgaris.* $RA = 0$.

$$Sch_1 = 0 \cdot 2040$$
$$Sch_2 = 0 \cdot 2005$$
$$Sch_1 - Sch_2 = 0 \cdot 0035$$

$$UF = 25$$
$$U = 11 \cdot 8$$

$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0 \cdot 2034''$$

$$\tau = U_r(Sch_1 - Sch_2) = 0 \cdot 0007''$$

Sch	*A*	*Z*
0·2005	0	
0·2300	0	
0·2800	—minim.	0·0162″
0·2950	—1·0	0·0192
0·3000	—2·0	0·0202
0·3100	—4·0	0·0223
0·3200	—3·0	0·0243
0·3300	—2·5	0·0263
0·3400	—2·0	0·0282
0·3500	—minim.	0·0304
0·3550	0	0·0314
	Polwechsel	
0·2950	—0·5	
0·3100	—3·0	

lq (Längsquerschnittdistanz) .... = 7 *mm*
pl (Entfernung der gereizten Stelle vom abgeleiteten Längsschnitte des Nerven) .... = 12 *mm*
g (Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung) .... = 741 *mm*
ϑ (Dauer der negativen Schwankung) .... = 0·0145″

Versuch IV. 18/III. 94. *Eledone moschata* DN. *RA* = 2 *cm*.

$$Sch_1 = 0 \cdot 2025$$
$$Sch_2 = 0 \cdot 1900$$
$$Sch_1 - Sch_2 = 0 \cdot 0125$$

$$UF = 25$$
$$U = 11 \cdot 8$$

$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0 \cdot 2034'$$

$$\tau = U_r(Sch_1 - Sch_2) = 0 \cdot 0025''$$

Sch	*A*	*Z*
0·1900	0	
0·2300	0	
0·2600	0	
0·2700	0	
0·2900	0	
0·3000	0	
0·3100	0	
0·3200	—2·0	0·0264″
0·3150	0	
0·3175	0	
0·3300	—1·5	0·0285
0·3350	—1·5	0·0295
0·3400	—1·0	0·0305
0·3500	—0·5	0·0325
0·3600	—0·5	0·0346
0·3700	0	0·0366

Polwechsel

0·3300	—1·5
0·3350	—1·5
0·3400	—1·0
0·3500	—0·5
0·3600	—0·5

$lq = 5\ mm$
$pl = 20\ mm$
$g = 757\ mm$
$\vartheta = 0 \cdot 0076''$

Versuch VII. *Eledone moschata* DN. $RA = 2\ cm$.

$$Sch_1 = 0 \cdot 2000$$
$$Sch_2 = 0 \cdot 1920$$
$$Sch_1 - Sch_2 = 0 \cdot 0080$$

$$UF = 25$$
$$U = 11 \cdot 8$$

$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0 \cdot 2034''$$

$$\tau = U_r(Sch_1 - Sch_2) = 0 \cdot 0016''.$$

Sch	*A*	*Z*
0·1920	0	
0·2900	0	
0·3000	0	
0·3100	—0·5	0·0240″
0·3200	—0·5	0·0260
0·3300	—1·0	0·0280
0·3400	—1·0	0·0301
0·3500	—1·5	0·0321
0·3600	—0·5	0·0341
0·3700	0	0·0362

$$lq = 4\ mm$$
$$pl = 13\ mm$$
$$g = 542\ mm$$
$$\vartheta = 0 \cdot 0105''$$

Versuch XII. 21/III. 94. *Eledone moschata* DN. $RA = 2\ cm$.

$$Sch_1 = 0 \cdot 1915$$
$$Sch_2 = 0 \cdot 1900$$
$$Sch_1 - Sch_2 = 0 \cdot 0015$$

$$UF = 25$$
$$U = 11 \cdot 8$$

$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0 \cdot 2034''$$

$$\tau = U_r(Sch_1 - Sch_2) = 0 \cdot 0003''.$$

Sch	*A*	*Z*
0·1900	0	
0·2500	0	
0·2900	0	
0·3000	—0·5	0·0224″
0·3050	—1·0	0·0234
0·3100	—1·5	0·0244
0·3150	—0·5	0·0254
0·3200	—0·5	0·0264
0·3300	—minim.	0·0285
0·3400	—minim.	0·0305
0·3450	0	0·0315
0·3500	0	
0·4000	0	

Polwechsel

0·3000	—0·5
0·3050	—1·0
0·3100	—1·5
0·3150	—0·5
0·3200	—0·5
0·3300	—minim.
0·3400	—minim.
0·3450	0

$$lq = 4\,mm$$
$$pl = 18\,mm$$
$$g = 803\,mm$$
$$\vartheta = 0{\cdot}0088''$$

Versuch XIV. 9/IV. 94. *Eledone moschata* DN. $RA = 2\,cm.$

$$Sch_1 = 0{\cdot}1905$$
$$Sch_2 = 0{\cdot}1835$$
$$Sch_1 - Sch_2 = 0{\cdot}0070$$

$$UF = 25$$
$$U = 11{\cdot}8$$

$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0 \cdot 2034''$$

$$\tau = U_r(Sch_1 - Sch_2) = 0 \cdot 0014''.$$

Sch	*A*	*Z*
0·1835	0	
0·3100	0	
0·3150	0	
0·3200	—0·5	0·0278″
0·3250	—1·0	0·0288
0·3300	—2·0	0·0298
0·3400	—1·5	0·0318
0·3500	—1·0	0·0339
0·3600	—0·5	0·0359
0·3700	0	0·0379
	Polwechsel	
0·3200	—0·5	
0·3250	—1·0	
0·3300	—2·0	
0·3400	—1·5	
0·3500	—1·0	
0·3600	—0·5	
0·3700	0	

$$lq = 4\ mm$$
$$pl = 15\ mm$$
$$g = 539\ mm$$
$$\vartheta = 0 \cdot 0087''$$

Versuch XV. *Eledone moschata* DN. $RA = 0$.

$$Sch_1 = 0 \cdot 1905$$
$$Sch_2 = 0 \cdot 1835$$
$$Sch_1 - Sch_2 = 0 \cdot 0070$$

$$UF = 25$$
$$U = 11 \cdot 8$$

$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0\cdot 2034''$$

$$\tau = U_r(Sch_1 - Sch_2) = 0\cdot 0014''$$

Sch	*A*	*Z*
0·2800	0	
0·3000	0	
0·3100	—0·5	0·0257″
0·3200	—2·0	0·0278
0·3300	—3·0	0·0298
0·3400	—1·0	0·0318
0·3500	—1·0	0·0339
0·3600	—0·5	0·0359
0·3700	—0·5	0·0379
0·3900	—0·5	0·0420
0·4000	—0·5	0·0440
0·4050	0	0·0450
	Polwechsel	
0·3200	—1·5	
0·3300	—2·5	
0·3400	—1·0	
0·3500	—1·0	
0·3600	—0·5	

$lq =$ 6 *mm*
$pl =$ 16 *mm*
$g =$ 623 *mm*
$\vartheta =$ 0·0179″

Versuch XX. 14./IV. 94. *Scaeurgus tetracirrus.* $RA = 0.$

$$Sch_1 = 0\cdot 1965$$
$$Sch_2 = 0\cdot 1850$$
$$Sch_1 - Sch_2 = 0\cdot 0115$$

$$UF = 24$$
$$U = 11\cdot 8$$

$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0 \cdot 2118''$$

$$\tau = U_r(Sch_1 - Sch_2) = 0 \cdot 0024''$$

Sch	*A*	*Z*
0·2000	0	
0·2100	0	
0·2200	0	
0·2300	0	
0·2400	0	
0·2500	0	
0·2600	0	
0·2650	—minim.	0·0169″
0·2700	—0·5	0·0180
0·2800	—1·5	0·0201
0·2900	—2·5	0·0222
0·3000	—3·5	0·0243
0·3100	—2·5	0·0265
0·3200	—2·0	0·0286
0·3300	—1·5	0·0307
0·3400	—1·5	0·0328
0·3500	—1·0	0·0349
0·3600	0	0·0370
0·3650	0	

Polwechsel

0·2700	—0·5
0·2800	—1·5
0·2900	—2·5
0·3000	—3·5
0·3100	—2·5
0·3200	—2·0
0·3300	—1·5
0·3400	—1·5
0·3500	—1·0
0·3600	0
0·3650	0

$$lq = 8\ mm$$
$$pl = 18\ mm$$
$$g = 1065\ mm$$
$$\vartheta = 0 \cdot 0177''$$

Versuch XXII. 14./IV. 94. *Scaeurgus tetracirrus.* $RA = 2\ cm.$

$$Sch_1 = 0 \cdot 1965$$
$$Sch_2 = 0 \cdot 1850$$
$$Sch_1 - Sch_2 = 0 \cdot 0115$$

$$UF = 24$$
$$U = 11 \cdot 8$$

$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0 \cdot 2118''$$

$$\tau = U_r(Sch_1 - Sch_2) = 0 \cdot 0024''$$

Sch	*A*	*Z*
0·1900	0	
0·2000	—3·0	0·0032″
0·2100	—4·0	0·0053
0·2200	—5·0	0·0074
0·2300	—3·0	0·0095
0·2350	—1·0	0·0106
0·2400	0	0·0116
0·2500	0	
0·3000	0	
	Polwechsel	
0·2000	—3·0	
0·2100	—4·0	
0·2200	—5·0	
0·2300	—2·5	
0·2350	—1·0	

$$lq = 5\ mm$$
$$pl = 6\ mm$$
$$g = 1875\ mm$$
$$\vartheta = 0 \cdot 0060''$$

Versuch XXIII. 16./IV. 94. *Octopus vulgaris.* $RA = 2\,cm.$

$$\begin{array}{r} Sch_1 = 0\cdot2475 \\ Sch_2 = 0\cdot2375 \\ \hline Sch_1 - Sch_2 = 0\cdot0100 \end{array}$$

$$UF = 24$$
$$U = 11\cdot8$$

$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0\cdot2118''$$

$$\tau = U_r(Sch_1 - Sch_2) = 0\cdot0021''$$

Sch	*A*	*Z*
0·2000	0	
0·2100	0	
0·2200	0	
0·2300	0	
0·2400	0	
0·2500	—1·0	0·0026″
0·2550	—1·5	0·0037
0·2600	—2·0	0·0048
0·2700	—1·0	0·0069
0·2800	—0·5	0·0090
0·2900	—minim.	0·0111
0·3000	0	0·0132
0·3500	0	

$$lq = 7\,mm$$
$$pl = 6\,mm$$
$$g = 2308\,mm$$
$$\vartheta = 0\cdot0085''$$

Versuch XXIV. 16./IV. 94. *Octopus vulgaris.* $RA = 0.$

$$\begin{array}{r} Sch_1 = 0\cdot2475 \\ Sch_2 = 0\cdot2375 \\ \hline Sch_1 - Sch_2 = 0\cdot0100 \end{array}$$

$$UF = 24$$
$$U = 11 \cdot 8$$

$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0 \cdot 2118''$$

$$\tau = U_r(Sch_1 - Sch_2) = 0 \cdot 0021''$$

Sch	*A*	*Z*
0·2300	0	
0·2400	0	
0·2500	0	
0·2550	0	
0·2600	—1·5	0·0048″
0·2700	—1·0	0·0069
0·2800	—1·0	0·0090
0·2900	—0·5	0·0111
0·3000	—0·5	0·0132
0·3100	—0·5	0·0154
0·3200	—minim.	0·0175
0·3300	0	0·0196

$$lq = 11\,mm$$
$$pl = 10\,mm$$
$$g = 2083\,mm$$
$$\vartheta = 0 \cdot 0127''$$

Versuch XXVI. 16./IV. 94. *Eledone moschata.* $RA = 0$.

$$Sch_1 = 0 \cdot 2475$$
$$Sch_2 = 0 \cdot 2375$$
$$Sch_1 - Sch_2 = 0 \cdot 0100$$

$$UF = 24$$
$$U = 11 \cdot 8$$

$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0 \cdot 2118''$$

$$\tau = U_r(Sch_1 - Sch_2) = 0 \cdot 0021''$$

Sch	*A*	*Z*
0·2300	0	
0·2400	0	
0·2500	0	
0·2600	—3·0	0·0048″
0·2550	—4·0	0·0037
0·2700	—2·0	0·0069
0·2800	—1·5	0·0090
0·2900	—1·0	0·0111
0·3000	—0·5	0·0132
0·3100	0	0·0153

Polwechsel

Sch	*A*
0·2500	0
0·2600	—3·0
0·2550	—4·0
0·2700	—2·0
0·2800	—1·5
0·2900	—1·0
0·3000	—minim.
0·3100	0

$$lq = 12\,mm$$
$$pl = 8\,mm$$
$$g = 2162\,mm$$
$$\vartheta = 0\cdot0095''$$

Versuch XXIX. *Eledone moschata.* $RA = 2\,cm.$

$$Sch_1 = 0\cdot2475$$
$$Sch_2 = 0\cdot2375$$
$$Sch_1 - Sch_2 = 0\cdot0100$$

$$UF = 25$$
$$U = 11\cdot7$$

$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0\cdot2051''$$

$$\tau = U_r(Sch_1 - Sch_2) = 0\cdot0020''$$

Sch	*A*	*Z*
0·2300	0	
0·2400	0	
0·2500	0	
0·2600	—2·0	0·0046″
0·2700	—3·0	0·0067
0·2800	—2·0	0·0087
0·2900	—1·0	0·0108
0·3000	—0·5	0·0128
0·3050	—minim.	0·0138
0·3100	0	0·0149
0·3200	0	

Polwechsel

0·2500	0
0·2700	—3·0
0·2800	—2·0
0·2900	—1·0
0·3000	—0·5
0·3050	—0·5
0·3100	0

$$lq = 10\,mm$$
$$pl = 11\,mm$$
$$g = 2391\,mm$$
$$\vartheta = 0\cdot0083''$$

Versuch XXXVII. 20./IV. 94. *Eledone moschata.* $RA = 2\,cm$.

$$Sch_1 = 0\cdot2475$$
$$Sch_2 = 0\cdot2375$$
$$Sch_1 - Sch_2 = 0\cdot0100$$

$$UF = 25$$
$$U = 11\cdot7$$

$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0\cdot2051''$$

$$\tau = U_r(Sch_1 - Sch_2) = 0\cdot0020''$$

Sch	*A*	*Z*
0·2300	0	
0·2400	0	
0·2500	0	
0·2600	0	
0·2700	0	
0·2800	—3·0	0·0087″
0·2900	—2·0	0·0108
0·3000	—1·5	0·0128
0·3100	—0·5	0·0149
0·3200	—minim.	0·0169
0·3300	0	0·0189
	Polwechsel	
0·2700	0	
0·2800	—3·0	
0·2900	—2·0	
0·3000	—1·5	
0·3100	—0·5	
0·3300	0	

$lq = 4\ mm$
$pl = 7\ mm$
$g = 805\ mm$
$\vartheta = 0\cdot0082''$

Versuchsreihe II.

Unter e. findet die Reizung an der entfernteren, unter n. die Reizung an der näheren Stelle statt.

Versuch XVIII. 11/IV. 94. *Octopus vulgaris.* $RA = 2\ cm$.

$Sch_1 = 0\cdot1985$
$Sch_2 = 0\cdot1860$

$Sch_1 - Sch_2 = 0\cdot0125$
$UF = 24$
$U = 11\cdot8$

$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0 \cdot 2118''.$$

$$\tau = U_r (Sch_1 - Sch_2) = 0 \cdot 0026''.$$

e. $pl = 30\ mm.$

Sch	*A*	*Z*
0·1800	0	
0·1900	0	
0·2000	0	
0·2100	0	
0·2200	0	
0·2300	0	
0·2400	0	
0·2450	—minim.	0·0125″
0·2500	—1·0	0·0136
	Polwechsel	
0·2500	—1·0	

n. $p'l = 12\ mm$

Sch	*A*	*Z*
0·1800	0	
0·1900	0	
0·2000	0	
0·2100	—0·5	0·0051
0·2200	—1·0	0·0072
0·2300	—1·5	0·0093
0·2400	—2·5	0·0114
0·2500	—1·0	0·0136
0·3000	0	
	Polwechsel	
0·2100	—minim.	
0·2200	—1·0	
0·2300	—1·5	
0·2400	—2·5	
0·2500	—1·0	

Versuch wegen Unruhe der Scale abgebrochen.

$$lq = 10\,mm$$
e. $g = 2400\,mm$
n. $g = 2353\,mm$

d (Zeit, welche der Differenz der Schieberstellungen entspricht, bei welchen einmal bei entfernterer, ein anderesmal bei näherer Reizung der Beginn der negativen Schwankung zur Beobachtung kommt) $= 0\cdot0074''$,

$$pp' = 18\,mm,$$

hieraus

$$g = 2432\,mm.$$

Versuch XXVII. 18/IV. 94. *Octopus vulgaris.* $RA = 0$.

$$Sch_1 = 0\cdot2475$$
$$Sch_2 = 0\cdot2375$$
$$Sch_1 - Sch_2 = 0\cdot0100$$
$$UF = 25$$
$$U = 11\cdot7$$
$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0\cdot2051''$$
$$\tau = U_r(Sch_1 - Sch_2) = 0\cdot0020''.$$
e. $pl = 25\,mm$

Sch	*A*	*Z*
0·2300	0	
0·2400	0	
0·2500	0	
0·2600	0	
0·2650	0	
0·2700	—1·0	0·0067″
0·2800	—3·0	0·0087
0·2900	—1·5	0·0108
0·3000	—1·0	0·0128
0·3100	—1·0	0·0149
0·3200	—1·0	0·0169

Sch	*A*	*Z*
0·3300	—0·5	0·0190
0·3400	—minim.	0·0210
0·3500	0	0·0231
	n. $p'l = 10$ *mm.*	
0·2300	0	
0·2400	0	
0·2500	—3·0	0·0026
0·2600	—4·0	0·0046
0·2700	—3·0	0·0067
0·2800	—2·5	0·0087
0·2900	—2·0	0·0108
0·3000	—1·0	0·0128
0·3100	0	0·0149
	Polwechsel	
0·2600	—3·5	
0·2700	—3·0	
0·2800	—2·5	
0·2900	—1·5	
0·3000	—1·0	
0·3100	0	

$lq = 15$ *mm*

e. $g = 3731$ *mm*

$\vartheta = 0{\cdot}0144''$

n. $g = 3846$ *mm*

$\vartheta = 0{\cdot}0103''$

$\left.\begin{array}{l} d = 0{\cdot}0041'' \\ pp' = 15\ mm \end{array}\right\} g = 3658\ mm$

Versuch XXXIV. 19/IV. 94. *Octopus vulgaris.* $RA = 2$ *cm.*

$Sch_1 = 0{\cdot}2475$

$Sch_2 = 0{\cdot}2375$

$Sch_1 - Sch_2 = 0{\cdot}0100$

$UF = 25$

$U = 11{\cdot}7$

$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0 \cdot 2051''$$

$$\tau = U_r(Sch_1 - Sch_2) = 0 \cdot 0020''$$

.e. $pl = 28\ mm.$

Sch	*A*	*Z*
0·2300	0	
0·2400	0	
0·2500	0	
0·2600	0	
0·2700	0	
0·2900	0	
0·3000	—0·5	0·0128″
0·3100	—1·0	0·0149
	Polwechsel	
0·3000	—0·5	
0·3100	—1·0	

n. $p'l = 12\ mm$

0·2300	0	
0·2400	0	
0·2500	0	
0·2600	—0·5	0·0046
0·2700	—1·5	0·0067
	Polwechsel	
0·2600	—0·5	
0·2700	—1·5	

$lq = 16\ mm$

e. $g = 2187\ mm$

n. $g = 2609\ mm$

$$\left.\begin{array}{l} d = 0 \cdot 0082'' \\ pp' = 16\ mm \end{array}\right\} g = 1951\ mm$$

Versuchsreihe III.

Versuch X. 21/III. 94. *Eledone moschata.* DN. $RA = 2\ cm$.

$$Sch_1 = 0\cdot 1915$$
$$Sch_2 = 0\cdot 1900$$
$$Sch_1 - Sch_2 = 0\cdot 0015$$
$$UF = 25$$
$$U = 11\cdot 8$$
$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0\cdot 2033''$$
$$\tau = U_r(Sch_1 - Sch_2) = 0\cdot 0003''$$

Sch	*A*	*Z*
0·4800	0	
0·4500	0	
0·4300	0	
0·3800	0	
0·3700	0	
0·3500	0	
0·3400	0	
0·3300	0	
0·3200	0	
0·3100	0	
0·3000	0	0·0223″
0·2900	—0·5	0·0203
0·2850	—1·5	0·0193
0·2800	—1·5	0·0183
0·2700	—2·5	0·0163
0·2650	—0·5	0·0152
0·2600	—minim.	0·0142
0·2500	0	
0·2400	0	
	Polwechsel	
0·2700	—2·5	
0·2600	—minim.	

$$lq = 5\,mm$$
$$pl = 8\,mm$$
$$g = 563\,mm$$
$$\vartheta = 0{\cdot}0078''$$
$$\vartheta\ (\text{II. Meth.}) = 0{\cdot}0096''$$

Versuch XXX. 18/IV. 94. *Eledone moschata*. $RA = 0$.

$$Sch_1 = 0{\cdot}2475$$
$$Sch_2 = 0{\cdot}2375$$
$$Sch_1 - Sch_2 = 0{\cdot}0100$$

$$UF = 25$$
$$U = 11{\cdot}7$$

$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0{\cdot}2051''$$

$$\tau = U_r (Sch_1 - Sch_2) = 0{\cdot}0020''$$

Sch	*A*	*Z*
0·3500	0	
0·3400	0	
0·3300	0	
0·3200	0	0·0169″
0·3100	—minim.	0·0149
0·3000	—0·5	0·0128
0·2900	—1·5	0·0108
0·2800	—4·0	0·0087
0·2700	—5·0	0·0067
0·2600	—2·0	0·0046
0·2550	—2·0	0·0036
0·2500	0	
0·2400	0	
0·2300	0	

Polwechsel

0·3000	—0·5
0·2900	—1·0
0·2800	—3·5

Sch	*A*	*Z*
0·2700	—5·0	
0·2600	—2·0	
0·2550	—1·5	
0·2500	0	
0·2400	0	
0·2300	0	

$$lq = 8\ mm$$
$$pl = 8\ mm$$
$$g = 2222\ mm$$
$$\vartheta = 0\cdot0113''$$
$$\vartheta\ (\text{II. Meth.}) = 0\cdot0107''$$

Versuch XXXI. 19/IV. 94. *Eledone moschata.* $RA = 0$.

$$Sch_1 = 0\cdot2475$$
$$Sch_2 = 0\cdot2375$$
$$Sch_1 - Sch_2 = 0\cdot0100$$
$$UF = 25$$
$$U = 11\cdot7$$
$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0\cdot2051''$$
$$\tau = U_r\,(Sch_1 - Sch_2) = 0\cdot0020''$$

Sch	*A*	*Z*
0·3500	0	
0·3400	0	
0·3300	0	
0·3200	0	
0·3100	0	0·0149″
0·3000	—2·0	0·0128
0·3050	—1·0	0·0138
0·2900	—2·5	0·0108
0·2800	—3·0	0·0087
0·2700	—4·0	0·0067
0·2600	—2·0	0·0046
0·2550	0	

Sch	*A*	*Z*
0·2575	0	
0·2500	0	
0·2400	0	
0·2300	0	
	Polwechsel	
0·3050	—1·0	
0·2900	—3·5	
0·2800	—3·0	
0·2700	—4·0	
0·2600	—2·0	
0·2575	0	

Sch	A_n	A_s
0·2700	+23·0	+19·0
Durchschneidung des Nerven zwischen *p* und *l*		
0·2700	+23·0	+23·0

$$lq = 11\,mm$$
$$pl = 10\,mm$$
$$g = 2174\,mm$$
$$\vartheta = 0{\cdot}0083''$$
$$\vartheta \text{ (II. Meth.)} = 0{\cdot}0075''$$

Versuch XXXIX. 4/V. 94. *Eledone moschata*. $RA = 2\ cm$.

$$Sch_1 = 0{\cdot}2475$$
$$Sch_2 = 0{\cdot}2350$$
$$Sch_1 — Sch_2 = 0{\cdot}0125$$

$$UF = 25$$
$$U = 11{\cdot}7$$

$$U_r = \frac{60}{UF.U} = 0{\cdot}2051''$$

$$\tau = U_r(Sch_1 — Sch_2) = 0{\cdot}0026''$$

Sch	*A*	*Z*
0·3500	0	
0·3100	0	0·0154″
0·3000	—0·5	0·0133
0·3050	—0·5	0·0143
0 2900	—1·0	0·0113
0·2800	—2·0	0·0092
0·2700	—2·5	0·0072
0·2600	—0·5	0·0051
0·2650	—3·0	0·0062
0·2550	0	
0·2500	0	
	Polwechsel	
0·3000	—0·5	
0·3050	—0·5	
0·2900	—1·0	
0·2800	—2·0	
0·2700	—2·5	
0·2600	—0·5	
0·2650	—3·0	

Sch	A_n	A_s
0·2650	+12·0	+9·0
Durchschneidung des Nerven zwischen *p* und *l*		
0·2650	+12·0	+12·0

$$lq = 8\,mm$$
$$pl = 12\,mm$$
$$g = 2353\,mm$$
$$\vartheta = 0{\cdot}0077''$$
$$\vartheta \text{ (II. Meth.)} = 0{\cdot}0070''$$

In den letzten beiden Versuchen bedeutet A_n die Ablenkung, welche der während kurzer Zeit geschlossene Strom des ruhenden Nerven hervorbringt, A_s die Ablenkung, welche während der negativen Schwankung eintritt.

Erklärung zu den Tafeln.

In den nachfolgenden Curven, welche von links nach rechts zu lesen sind, bedeuten die Ordinaten Stromintensitäten, die Abscissen Zeiten; der senkrechte Strich vor dem Beginne jeder Curve markirt den Reizmoment. Die Abscissenaxe entspricht dem nicht compensirten Ruhestrome. Zehn Theilstriche des Netzes, in welches die Curven eingezeichnet sind, bedeuten auf der Ordinate einen halben Scalentheil, auf der Abscisse 0·01 Secunden.

I. II. III. V. IV. VII. IX. XII. XIV. XX. XVIII. XV. XIX.

XXI. XXII. XXIII. XXIV. XXV.

XXVI.

XXIX.

XXXVIII.

XXXVII.

XXXV.

XXVII. XXVIII. XXXIII.

XXX.

XXXI. XXXIX. X.

XXI. SITZUNG VOM 18. OCTOBER 1894.

Se. Excellenz der Herr Curator-Stellvertreter übermittelt einen Abdruck der Regierungsvorlage des Staatsvoranschlages für das Jahr 1894, Capitel IX, »Ministerium für Cultus und Unterricht«, Abtheilung *A*, *B*, *C* und *D*, ferner ein Exemplar des Finanzgesetzes vom 29. Mai 1894, mit dem Beifügen, dass die ordentlichen, sowie die ausserordentlichen Ausgaben der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften unverändert nach der Regierungsvorlage des Staatsvoranschlages genehmigt worden sind.

Das k. k. Ministerium für Cultus und Unterricht übermittelt ein im Wege des k. italienischen Ministeriums des Äussern für die kaiserl. Akademie eingelangtes Exemplar des IV. Bandes des Werkes: »Le Opere di Galileo Galilei«.

Herr Prof. Dr. V. Uhlig in Prag dankt für seine Wahl zum inländischen correspondirenden Mitgliede dieser Classe.

Das c. M. Herr Regierungsrath Prof. C. Freiherr v. Ettingshausen in Graz übersendet eine Abhandlung für die Denkschriften, betitelt: »Beiträge zur Kenntniss der Kreideflora Australiens«.

Herr Regierungsrath emerit. Prof. J. Luksch übersendet den in Gemeinschaft mit Prof. J. Wolf an der k. k. Marine-Akademie in Fiume verfassten Bericht über die auf der IV. Reise S. M. Schiffes »Pola« im Jahre 1893 ausgeführten physikalischen Untersuchungen im östlichen Mittelmeer und im Ägäischen Meer.

Herr Stefan v. Heinrich in Wien übermittelt ein versiegeltes Schreiben behufs Wahrung der Priorität mit der Aufschrift: »Über Kräfte im Raume«.

Das w. M. Herr Prof. A. Schrauf überreicht eine im mineralogischen Museum der k. k. Universität in Wien ausgeführte Arbeit des Herrn Dr. P. Philipp Heberdey, Capitularpriester des Stiftes Schotten in Wien, unter dem Titel: »Krystallmessungen«.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Le Opere di Galileo Galilei. Edizione nazionale sotto gli auspicii Sua Maestà il Re d'Italia. Vol. IV. Firenze 1894; 4⁰.

Berard, E., Trois ans de séjour à la Clinique Ophthalmologique Universitaire de M. le Professeur Fuchs à Vienne. Rapport adressé à M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique. Bruxelles, 1892; 8⁰.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

CIII. BAND. IX. HEFT.

ABTHEILUNG III.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN UND DER THIERE, SOWIE AUS JENEM DER THEORETISCHEN MEDICIN.

XXII. SITZUNG VOM 2. NOVEMBER 1894.

Der Secretär legt das erschienene Heft VI—VII (Juni und Juli 1894), Abtheilung I und das Heft VI—VII (Juni und Juli 1894), Abtheilung II. b. des 103. Bandes der Sitzungsberichte vor.

Das w. M. Herr Prof. H. Weidel überreicht eine im I. chemischen Laboratorium der k. k. Universität in Wien von den Herren J. Herzig und H. Meyer ausgeführte Untersuchung: »Über den Nachweis und die Bestimmung des am Stickstoff gebundenen Alkyls«.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. C. Claus überreicht für die Publicationen der Tiefseeforschungen in den Denkschriften eine von Herrn Anton König in Wien ausgeführte Untersuchung, betitelt: »Die Sergestiden des östlichen Mittelmeeres, gesammelt in den Jahren 1890, 1891, 1892 und 1893«.

Herr Dr. Wilh. Trabert in Wien überreicht eine Abhandlung unter dem Titel: »Zur Theorie der elektrischen Erscheinungen unserer Atmosphäre«.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Museo de la Plata, Anales, T. I (1890—1891); Seccion Geologica y Mineralogica. P. I (1892); Seccion de Arqueologia. P. II y III (1892); Seccion de Historia General (Fotografía). P. I (1892); Seccion Zoologica. P. I (1893); Paleontología Argentina (1893). La Plata; Folio. — Revista, T. I (1890—1891); T. II (1891); T. III (1892); T. IV (1893). La Plata; 8°.

XXIII. SITZUNG VOM 8. NOVEMBER 1894.

Herr Prof. Dr. Ph. Knoll in Prag übersendet eine Abhandlung unter dem Titel: »Graphische Versuche an den vier Abtheilungen des Säugethierherzens«.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

1. »Beiträge zur Kenntniss der regenscheuen Blüthen, nebst Nachträgen zu meinen phytodynamischen Untersuchungen«, von Prof. Dr. Anton Hansgirg an der k. k. böhm. Universität in Prag.
2. »Über Curven fünfter Ordnung mit vier Doppelpunkten«, von Dr. Jan de Vries, Docent an der polytechnischen Schule in Delft.

Herr Dr. Norbert Herz in Wien überreicht eine Abhandlung: »Über eine unter den Ausgrabungen auf Rhodus gefundene astronomische Inschrift«.

Der Vorsitzende, Herr Vicepräsident Prof. E. Suess, überreicht einen vorläufigen Bericht von Prof. Dr. V. Hilber in Graz über seine im Auftrage der kaiserl. Akademie unternommene geologische Reise in Nordgriechenland und Makedonien 1894.

Das w. M. Herr Regierungsrath Prof. F. Mertens überreicht folgende zwei Abhandlungen:

1. »Über die Äquivalenz der reducirten binären quadratischen Formen von positiver Determinante«.

2. »Über den quadratischen Reciprocitätssatz und die Summen von Gauss«.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Institut Botanico-Géologique Colonial de Marseille, Annales. Ière Série, Ière Année, Ier Vol. (1893). Publiées sous la direction de M. Le Professeur Ed. Heckel. Paris, 1893; 8°.

Graphische Versuche an den vier Abtheilungen des Säugethierherzens

von

Ph. Knoll.

(Mit 8 Tafeln.)

Einleitung.

Den Anstoss zur Ausbildung der hier zu schildernden graphischen Methode erhielt ich durch eine Arbeit von M. Löwit über die Entstehung des Lungenödems (1), in welcher er darzulegen sucht, dass die bei Hemmung des Blutabflusses aus dem linken Herzen, insbesondere bei zeitweisem Verschluss der »Aortenwurzel« eintretende Erhöhung des Druckes in der Pulmonalarterie nicht auf sogenannter »Rückstauung« des Blutes aus dem überfüllten linken Vorhof in den Lungenkreislauf, sondern auf vermehrtem Zufluss von Blut aus dem rechten Herzen beruhe. Letzterer soll nach seiner Ansicht durch die bei »Aortensperre« eintretende Hirnanämie ausgelöst werden, »die zu einer mächtigen Verengerung der kleineren Arterien an der Körperperipherie und infolge dessen zu einem vermehrten Zufluss von Blut zum rechten Herzen Veranlassung geben kann« (1, S. 417), was folgeweise wieder zu einer vermehrten Zufuhr von Blut zur Arteria pulmonalis führen würde.

Ich kann mir nun freilich nicht vorstellen, wie die »Aortensperre«, d. h. die zeitweilige Sperre der Aorta ascendens, welche zur rapiden Drucksenkung und Blutleere in sämmtlichen Arterien des grossen Kreislaufes führt, auch wenn die Hirnanämie Verengerung der kleinen Unterleibsgefässe und collaterale Füllung der nicht verengten Arteriengebiete des grossen

Kreislaufs bedingt, Anlass zu einem der Norm gegenüber vermehrten Zufluss von Blut zum rechten Herzen geben kann. Auch hatte ich selbst bei einer grösseren Untersuchungsreihe über Wechselbeziehungen zwischen dem grossen und kleinen Kreislaufe eine solche Drucksteigerung in der Arteria pulmonalis beobachtet, wenn ich die Aorta descendens zeitweilig absperrte (2, S. 20), wobei also Hirnanämie gar nicht eintritt.

Das Interesse an der Sache bestimmte mich aber doch, an ein Paar behufs Vermeidung von Krämpfen curarisirten Kaninchen die Sperre der Aorta ascendens behufs Beobachtung der Erscheinungen am blossgelegten Herzen auszuführen. Die Reihenfolge der Erscheinungen war dabei regelmässig folgende: Pralle Füllung der »Aortenwurzel«; dann pralle Füllung des linken Herzens; hierauf pralle Füllung und stärkere bogenförmige Hervorwölbung der Arteria pulmonalis und erst zuletzt und auch da nur zuweilen und verhältnissmässig spät stärkere Füllung des rechten Herzens.

Diese Erscheinungsreihe ist so ausgeprägt, dass eine bildliche Wiedergabe derselben kaum einen Zweifel daran aufkommen lassen würde, dass die vermehrte Füllung der Arteria pulmonalis nicht auf vermehrten Zufluss, sondern auf behinderten Abfluss, wie man wohl anstatt des gebräuchlichen Wortes »Rückstauung« lieber sagen sollte, bezogen werden muss, wobei dahingestellt bleiben mag, ob bei der zuweilen am Schluss eintretenden stärkeren Füllung des rechten Herzens nicht eine Insufficienz der Klappen der übermässig ausgedehnten Pulmonalis und in Folge dieser eine wirkliche Rückstauung von Blut aus dieser Arterie in den rechten Ventrikel mit in's Spiel kommt. Und an der Beweiskraft dieser Beobachtung kann es meines Erachtens nichts verändern, dass Löwit bei fortdauerndem Steigen des Druckes im linken Vorhofe ein Sinken des Druckes in der Arteria pulmonalis beobachtete, wenn er, bei fortdauerder Aortensperre, durch »Klemmung« des rechten Vorhofes die Blutzufuhr aus dem rechten Herzen zur Arteria pulmonalis in hohen Maasse einschränkte (1, S. 413 bis 415). Das Sinken des durch den ersten Eingriff hochgesteigerten Druckes in der Arteria pulmonalis in Folge des zweiten Eingriffes ist ja selbstverständlich; solange aber dabei

der Druck in der Arteria pulmonalis höher bleibt als im linken Vorhofe und den Lungenvenen, wird aus ihr Blut gegen den linken Vorhof abfliessen und den Druck in diesem erhöhen müssen, selbst wenn in Folge von Überdehnung desselben seine diastolische Aspiration und in Folge des Aussetzens der Respiration die durch diese gegebenen accessorischen Hilfskräfte für die Abfuhr von Blut aus dem Lungenkreislauf zum linken Herzen in Wegfall gekommen sind.

Begreiflicherweise wird aber das Ansteigen des Vorhofsdruckes während des zweiten Eingriffes ein viel geringeres sein müssen, als während des ersten Eingriffes allein, wie sich dies auch in Löwit's Fig. 17 auf Tafel XXIII sehr schön ausprägt.

Da mir die Hilfsmittel zur photographischen Darstellung der oben angeführten, bei zeitweisem Verschluss der Aorta ascendens am Herzen zu beobachtenden Erscheinungsreihe fehlten, sann ich darüber nach, graphisch darzuthun, dass dieser Eingriff wohl zu einer Überfüllung des linken, aber nicht zu einer stärkeren Blutzufuhr zum rechten Herzen führt. Vor einer Verzeichnung des Blutdruckes in den vier Herzabschnitten zu diesem Zwecke schreckte ich aber nicht blos aus technischen Gründen zurück. Die Beobachtung lehrte mich, dass die Aorta ascendens in Folge des zeitweisen Verschlusses in dem gegen das Herz zu liegenden Abschnitte so mächtig anschwillt, dass mit der Möglichkeit eines Druckes derselben auf den rechten Vorhof und einer hiedurch bewirkten Steigerung des Vorhofsdruckes gerechnet werden muss. Ebenso erscheint es durchaus nicht ausgeschlossen, dass die in Folge jenes Eingriffes eintretende starke Dehnung der Wände des linken Ventrikels zu einer Ausbauchung der Kammerscheidewand in den Binnenraum der rechten Herzkammer und damit zu einer Druckerhöhung in dieser führen kann.

So schien mir der sehr eingreifende und heikle Versuch, den Druck in allen vier Abtheilungen des Säugethierherzens zu verzeichnen, keine grössere Sicherheit für die Beurtheilung der Verhältnisse zu bieten, als die Verzeichnung der Volumsveränderungen und Zusammenziehungen derselben. Fand in einem Zeitpunkte während der »Aortensperre«, die ja durch

die Steigerung des Druckes im linken Vorhofe ein gewisses Hinderniss für den Abfluss des Blutes aus dem Lungenkreislauf, beziehungsweise dem rechten Herzen schafft, eine Vermehrung des Blutzuflusses zum rechten Herzen statt, so musste sich dies in einer Zunahme seines Volumens äussern.

Ich suchte hiezu zunächst das von François-Franck als »Procédé de cardiographie volumetrique auriculo-ventriculaire« beschriebene Verfahren (3) anzuwenden, überzeugte mich aber bald davon, dass beim Kaninchen, welches Thier ich theils aus äusseren Gründen, theils wegen der sauberen Operationsmethode, bevorzugen musste, die engen Raumverhältnisse eine entsprechende Anwendung dieses Verfahrens nicht gestatten.

Da es mir ausserdem als ein Übelstand erschien, dass bei diesem Verfahren der Anblick des Herzens selbst durch die angebrachten Apparate und damit die Controle der verzeichneten Vorgänge durch unmittelbare Betrachtung nicht unwesentlich beeinträchtigt wird, schritt ich zur Ausbildung einer Methode, welche die Verzeichnung der Zusammenziehungen und Volumsveränderungen der Kammern und Vorhöfe des Herzens selbst bei sehr kleinen Säugethieren gestattet, den Anblick des Herzens nicht behindert, und bei Thieren mit einem realen Mittelfellraum, wie das Kaninchen, sogar die Anwendung bei spontaner Athmung ermöglicht.

Beim Kaninchen öffnete ich zu diesem Behufe den Mittelfellraum nach früher angegebener Methode (4) möglichst weit, spaltete das Pericard in seiner ganzen Länge und nähte dasselbe bei curarisirten künstlich ventilirten Thieren häufig nach dem Vorgange von Baxt (5), um das Herz etwas höher zu lagern, an die Seitenränder der Thoraxspalte an. Hierauf wurden an den Spitzen der Herzohren sehr feine und leichte Hakenpinzetten und an der vorderen Fläche der beiden Ventrikel feine gekrümmte Haken befestigt, die sich an Fäden befanden, an denen Schreibhebel von derselben Beschaffenheit aufgehängt waren, wie ich sie zur Verzeichnung der Augenbewegungen benützte (6). Die Fäden, welche durch eine einfache Schieber-Vorrichtung an den Schreibhebeln gespannt und erschlafft werden konnten, gingen von der Rolle, unter welcher der Schreib-

hebel hing, zu einer zweiten, über dem Herzen an einer mannigfaltige Verschiebungen ermöglichenden Tragvorrichtung befestigten Rolle.

Das Herz war so gewissermassen an vier Punkten aufgehängt. Als günstigste Punkte für die Verzeichnung am linken Ventrikel fand ich nahe dem Sulcus atrioventricularis gelegene Stellen seiner vorderen Wand, am rechten in der Mitte der vorderen Fläche gelegene. Anfangs musste wohl der feine Haken wiederholt an verschiedenen Punkten der Kammerwand befestigt werden, ehe es gelang, gute Curven zu erhalten, doch wurde hiedurch die Herzbewegung höchstens ganz vorübergehend gestört. Bei den späteren Versuchen gelang die Gewinnung guter Curven von den Ventrikeln stets sofort.

Am rechten Ventrikel wird schon durch das 2 *g* betragende Gewicht des Schreibhebels die Stelle der Ventrikelwand, wo der Haken angreift, etwas in die Höhe gezerrt und so eine niedere Falte der Herzwand gebildet, während die Herzohren durch dieses Gewicht etwas gedehnt und gleichzeitig nach aussen gezogen werden. Es sind dies Umstände, welche die Gewinnung höherer Curven wesentlich befördern. Um auch vom linken Ventrikel höhere Curven zu erhalten, fand ich zumeist eine Belastung des mit demselben verbundenen Schreibhebels nothwendig. Doch genügte hiezu in der Regel schon die 5 *g* schwere Wagschale, welche ich behufs Aufnahme von Gewichten an dem betreffenden Schreibhebel anbringen liess. Auch hier wurde unter diesen Umständen die Herzwand gewöhnlich in Form einer ganz niederen Falte erhoben.

Bei curarisirten, künstlich ventilirten Thieren wurden die einzelnen Eingriffe in der Regel während des Aussetzens der künstlichen Ventilation nach vorheriger Durchschneidung beider Halsvagi vorgenommen, um die störende Interferenz der durch die Ventilation bedingten Curvenerhebungen zu vermeiden. Der Vergleich der so gewonnenen mit den bei den gleichen Eingriffen und Fortbestand der Ventilation erhaltenen Curven, sowie mit den nach dem Eingriffe bei fortdauerndem Aussetzen der künstlichen Ventilation verzeichneten, sicherte vor dem Fehler, eine Wirkung der Dyspnoe als solche eines anderen Eingriffes aufzufassen.

Wie ersichtlich ist, wurden von allen vier Schreibhebeln die in sagittaler Richtung sich vollziehende Zusammenziehung und Erschlaffung der betreffenden Herzabschnitte verzeichnet. In dem Steigen und Sinken der betreffenden Curvenreihen gelangt aber auch das Ab- und Anschwellen der einzelnen Herzabschnitte zur Ausprägung, wie es infolge wechselnder Blutzu- oder -abfuhr eintritt.

Allerdings übt auch die Locomotion des ganzen Herzens Einfluss auf die Curvenreihe, wie dies schon recht schlagend bei spontaner oder künstlicher Athmung zu Tage tritt, oder wenn bei einem Eingriffe an den grossen Gefässen das Herz in irgend einer Richtung verschoben wird. In letzterem Falle aber gestattet die Betrachtung des durch nichts verdeckten Herzens die sofortige Feststellung des Fehlers und nöthigenfalls seine Verbesserung.

Bei starkem Anschwellen des Herzens kann es auch geschehen, dass die Herzspitze aus der Thoraxöffnung hervorquillt und das Herz sich schräg stellt. Es genügt aber durch Annähen eines kleinen Schwammes den über der Herzspitze liegenden Theil der Thoraxöffnung zu verschliessen, um dies zu verhüten.

Bei Beobachtung der angegebenen Vorsichtsmassregeln habe ich nicht nur bei den verschiedenen Versuchen übereinstimmende Curvenformen von den einzelnen Herzabschnitten erhalten, sondern auch übereinstimmende, den theoretischen Voraussetzungen entsprechende Veränderungen derselben bei gleichen Eingriffen. Ich glaube danach die angegebene Methode für eine zu gewissen Zwecken durchaus brauchbare halten zu dürfen, wenngleich ich auch nicht verkenne, dass Vorsicht bei der Deutung und Einschränkung bei der Verwerthung der mit derselben gewonnenen Curven nothwendig ist.

Wie complicirt die zu berücksichtigenden Verhältnisse bei einer derartigen, von Gaskell zuerst zur gesonderten Aufschreibung der Vorhofs- und Kammerzusammenziehung am ausgeschnittenen Kaltblüterherzen (7) benützten Methode der Verzeichnung der Herzbewegungen sind, hat kürzlich Engelmann in einer Kritik des bei seinen Beobachtungen und Versuchen am suspendirten Herzen verwendeten Verfahrens ein-

gehend dargethan (8). Kommen auch bei meinen Versuchen die bei seinem Verfahren stark interferirenden, in longitudinaler Richtung wirkenden Momente nicht in Betracht, so werden doch hier wieder Locomotionen des Herzens in sagittaler Richtung, sowie Rotationen des Herzens um die Längsaxe Einfluss auf Einzelcurven und Curvenreihen nehmen können.

Von diesem Gesichtspunkte aus wäre gewiss die von Roy und Adami geübte Methode, die durch die Zusammenziehung und Erschlaffung der Kammerwand bedingte Verschiebung zweier Punkte derselben gegen einander zu verzeichnen (9), weit vorzuziehen. Allein abgesehen von der Complicirtheit des hiebei zur Verzeichnung von allen vier Herzabschnitten nothwendigen graphischen Apparates, scheinen mir die Raumverhältnisse innerhalb der Thoraxspalte beim Kaninchen eine Anwendung dieser Methode nicht zu gestatten.

Auch muss ich nochmals betonen, dass man sich bei meinem Verfahren durch gleichzeitige Betrachtung des Herzens ausreichend vor den durch Locomotion des ganzen Herzens bedingten Fehlern schützen kann.

I. Die einzelnen Curven von den vier Herzabschnitten.

Die Vorhofcurven einerseits und die Ventrikelcurven anderseits unterscheiden sich von einander dadurch, dass erstere in der Regel am Gipfel spitz, letztere aber am Gipfel oder nahe dem Gipfel abgeflacht erscheinen, was namentlich bei seltener Schlagfolge des Herzens oder rascher Bewegung des zur Verzeichnung dienenden Papiers zu Tage tritt. Hierin, sowie in dem Auftreten von Zacken an den Fusspunkten aller Curven bei geringerer Frequenz des Herzschlages gleichen die mit meinem Verfahren gewonnenen Curven den bekannten Druckcurven der Herzhöhlen.

Die letzterwähnten Zacken liegen an den Vorhofscurven gewöhnlich im absteigenden, an den Ventrikelcurven aber im aufsteigenden Schenkel, doch finden sich in der Lage und in der Grösse dieser Zacken öfter Verschiedenheiten bei den einzelnen Versuchsthieren sowohl, als im Verlaufe eines Versuches.

Ich vermag weder eine Deutung dieser Zacken, noch eine solche der durch die Abflachung der Curven am Gipfel der Ventrikelcurven bedingten Knickungen zu geben. Es war ein zeitliches Zusammenfallen der Zacken am Fusspunkte der Ventrikelcurven mit der Vorhofsystole oder sonst ein bestimmtes Verhältniss der ersteren zur letzteren nicht zu beobachten. Die Knickungen am Gipfel der Ventrikelcurven bestanden nach Verschluss der Aorta, beziehungsweise der Arteria pulmonalis noch fort (Taf. VII und VIII).

II. Die Curven beim spontan athmenden Thiere.

Da beim Annähen des Pericard an die Wandungen der Thoraxspalte stets Pneumothorax eintrat, musste ich auf die Anwendung dieses Kunstgriffes verzichten, wenn ich die Herzbewegungen am spontan athmenden Thiere verzeichnen wollte.

Die Curvenreihen liessen unter diesen Umständen sehr ausgeprägte Athemschwankungen erkennen, und zwar entsprechend der Einathmung ein Steigen der Curvenreihe, bei der Ausathmung ein Sinken derselben, wie gleichzeitige Verzeichnung der Athembewegungen mittels eines auf das Epigastrium applicirten elastischen Sackes lehrte (Taf. I, Fig. 1; Taf. II, Fig. 3).

Es scheint demnach, dass unter den angegebenen Versuchsbedingungen die Zwerchfellcontraction trotz der gleichzeitigen Volumzunahme der Lungen den hinteren Mediastinalraum vergrössert und hiedurch ein Herabsinken des Herzens gegen die Wirbelsäule bedingt.

Dieser Einfluss der Athmung auf die Curvenreihe tritt auch recht anschaulich hervor, wenn man durch centripetale Vagusreizung Athmungsreflexe (Taf. I, Fig. 1) oder durch künstliche Ventilation Vagusapnoe erzeugt (Taf. II, Fig. 3).

III. Die Curven bei Reizung der Hemmungsnerven des Herzens.

Kräftige dyspnoische oder elektrische Reizung der Hemmungsnerven des Herzens führt, entsprechend dem Anschwellen aller vier Herztheile, zu einem mehr oder minder ausgeprägten

Sinken aller vier Curvenreihen, das sich nach beendeter Reizung oder, bei dyspnoischer Reizung, bei gleichzeitiger Durchschneidung beider Halsvagi rasch wieder ausgleicht. Stärker ausgeprägt ist dabei gewöhnlich das Sinken der Curvenreihen vom rechten Herzen (Taf. I, Fig. 2).

Bemerkenswerth erscheint es mir, dass nach kräftigerer und anhaltenderer Hemmung des Herzschlages die Curven häufig von allen vier Herztheilen zunächst wesentlich niedriger erscheinen als früher (Taf. V, Fig. 7).

Zuweilen beschränkt sich diese Erscheinung nur auf eine, zwei oder drei Curvenreihen; nicht selten endlich fehlt diese Erscheinung ganz oder ist bei aufeinanderfolgenden Reizungen bei einem und demselben Thiere bei scheinbar gleichem Effecte während der Reizung das einemal ausgeprägt, das anderemal wieder nicht.

Die selteneren Schläge während der Reizung, bei dyspnoischer Erregung namentlich zu Beginn derselben, ergaben gewöhnlich von allen vier Herztheilen höhere Curven; doch war gelegentlich auch eine Zunahme der von den Ventrikeln gewonnenen Curven bei Abnahme der Vorhofscurven während der Reizung zu beobachten (Taf. III, Fig. 5; Taf. IV, Fig. 1).

In anderen Fällen, namentlich bei sehr geringer Verlangsamung der Schlagfolge war die Curvenvergrösserung nur auf den linken Vorhof (Taf. III, Fig. 2, 3) oder wohl auch auf beide Vorhöfe beschränkt.

Einmal trat bei elektrischer Reizung eines peripheren Halsvagusstumpfes an den Curven zur Ausprägung gelangendes Flimmern in beiden Vorhöfen bei seltenem kräftigen Schlagen der Ventrikel, ein andermal Flimmern am rechten Vorhofe bei seltenerem, etwas ungleichmässigen und am linken Vorhofe im Ganzen sehr abgeschwächtem Schlagen der anderen Herztheile ein (Taf. VIII, Fig. 2). In einem anderen Falle coincidirten vorzeitige, zumeist aber recht kräftige Vorhofsystolen mit Pausen oder minimalen Contractionen der Ventrikel (Taf. VI, Fig. 1, 2, 4, 6 bei *a*). Bei mehreren Thieren beobachtete ich das Zusammenfallen kräftiger Ventrikelsystolen mit Pausen oder minimalen Contractionen des Vorhofs (Taf. VI, Fig. 3 und 5 bei *a*; Fig 7). Bei einem Thiere schlug bei leichter Arhythmie der

Ventrikel häufiger als der Vorhof (Taf. IV, Fig. 3, 4), bei einem anderen wieder der Vorhof häufiger als der Ventrikel (Taf. VI, Fig. 9).

Das Auftreten abortiver Contractionen war bei Erregung der Hemmungsnerven des Herzens, namentlich zu Beginn der elektrischen Reizung, ziemlich häufig zu beobachten. Insbesondere sei in dieser Beziehung die Unterbrechung eines lange währenden Herzstillstandes durch ganz schwache seltene Zusammenziehungen aller vier Herzabtheilungen hervorgehoben (Taf. I, Fig. 2).

Ich erwähne alle diese Erscheinungen, weil ich glaube, dass im Hinblicke auf die bekannten Untersuchungen Gaskell's und Heidenhain's über zweierlei Herznervenfasern im Vagus, von denen die einen den Rhythmus, die anderen den Tonus des Herzmuskels beherrschen, eine systematische Untersuchung derselben, die nicht in meiner Absicht lag, am Platze wäre.

Ich kann nur sagen, dass mir bei meinen zahlreichen Versuchen mit Vagusreizung mittels des Inductionsapparates die angeführten Incongruenzen des Reizeffectes an den einzelnen Herztheilen nur als Zufälligkeiten aufstiessen, die ich nicht etwa durch eine bestimmte Abstufung der Reizung erzielen konnte, während letzteres François-Franck an Hunden, wenigstens in einer Beziehung, gelungen zu sein scheint, da er angibt, dass Inductionsströme, welche so schwach sind, dass sie nicht sofort den gänzlichen Stillstand des Herzens herbeiführen, die Schlagfolge der Ventrikel stärker verlangsamen als jene der Vorhöfe (3, S. 404).

IV. Die Curven bei Hemmung des Blutabflusses aus dem linken oder rechten Ventrikel.

Die Hemmung des Blutabflusses aus dem linken Ventrikel bewirkte ich durch zeitweisen Verschluss der Aorta ascendens oder der vier Hirnarterien, welch letzterer bekanntlich durch Reizung der Vasoconstrictoren die Widerstände in den Arterien des grossen Kreislaufes mächtig erhöht.

Die Wirkungen auf das Herz sind begreiflicherweise bei beiden Eingriffen gleicher Art, wenn auch bei letzterem später eintretend und schwächer. An den Curven des linken Vorhofes

und Ventrikels prägen sich dieselben in einem erheblichen Sinken der Reihen entsprechend dem starken Anschwellen dieser beiden Herztheile, und in einer nicht selten bis zum kaum Wahrnehmbaren fortschreitenden Verkleinerung der Einzelcurven aus, entsprechend der durch die Dehnung ihrer Wände herbeigeführten Verminderung ihres Schlagvolumens (Taf. VII).

Wurde bei dem ersteren Eingriffe jede Verlagerung des Herzens vermieden und die Dauer desselben nicht gar zu sehr ausgedehnt, so blieben die Curvenreihen des rechten Vorhofes und Ventrikels nahezu horizontal, während die Einzelcurven im Verlaufe des Eingriffes meistens eine mässige Verkleinerung erfuhren.

Behinderung des Abflusses aus dem rechten Ventrikel führte zum Sinken der Curvenreihen und zur Verkleinerung der Einzelcurven vom rechten Herzen, ohne wesentliche Veränderung an denen des linken Herzens (Taf. VIII, Fig. 1), gegensätzliche Wirkungen der verschiedenen Eingriffe, die sich aus der Natur derselben von selbst erklären, in den mittels der angegebenen Methode gewonnenen Curven aber recht hübsch veranschaulicht werden können.

Währte der Eingriff nicht gar zu lang und wurde dabei nicht etwa durch den Mangel der künstlichen Ventilation das Herz zu schwer geschädigt, so stellten sich an den Curven bald nach dem Eingriff die früheren Verhältnisse wieder her.

Traten rasch nach der Hemmung des Blutabflusses aus dem linken Ventrikel Unregelmässigkeiten in der Herzthätigkeit auf, so waren dieselben in der Regel an den von den beiden Ventrikeln gewonnenen Curven gleichzeitig und gleichartig, an denen vom rechten Ventrikel aber oft schwächer ausgeprägt, so dass z. B. bei Bigeminie die Differenz in der Höhe der aufeinanderfolgenden Curven links weit stärker war als rechts, ja es kam selbst vor, dass bei ausgesprochener Bigeminie links, rechts jede Curvendifferenz fehlte.

Besonders bemerkenswerth aber scheint es mir, dass bei stark ausgeprägten Unregelmässigkeiten in der Thätigkeit der Ventrikel an den Vorhofscurven die Zeichen von solchen in der Regel nur sehr schwach waren oder ganz fehlten (Taf. VII).

Freilich konnte es dagegen auch vorkommen, dass an den Curven von den beiden Vorhöfen Flimmern derselben, an denen von den beiden Ventrikeln aber nur beschleunigte, abgeschwächte und unregelmässige Herzthätigkeit zum Ausdrucke kam (Taf. II, Fig. 4).

V. Die Curven bei Vergiftung mit Helleboreïn.

Die mannigfachen Veränderungen der Herzthätigkeit, welche ich unter der Einwirkung des Helleboreïn beobachtete, insbesondere die mancherlei Incongruenzen in den Erscheinungen an den einzelnen Herzabschnitten, welche unter diesen Umständen bei Betrachtung des Herzens und bei Verzeichnung des Blutdruckes und der Pulswellen in der Art. carotis und pulmonalis zu Tage treten (10, S. 44—49), bestimmten mich, zum genaueren Studium dieser Erscheinungen, insbesondere der auftretenden Incongruenzen, die beschriebene Methode zu verwenden.

Hinsichtlich der eintretenden Veränderungen in der Herzthätigkeit im Allgemeinen haben sich dabei nur die von mir früher schon festgestellten Verhältnisse ergeben, nämlich: Arhythmie, Verstärkung einzelner Systolen, beziehungsweise Diastolen, Auftreten von Perioden verstärkter und abgeschwächter Herzthätigkeit und endlich dauernde Abschwächung und Vernichtung derselben.

Incongruenzen ergeben sich dabei aber nicht nur zwischen der rechten und linken Herzhälfte, welche schon bei meinen früheren Versuchen klar zu Tage getreten waren, sondern auch zwischen den Vorhöfen und Ventrikeln, und zwar sowohl hinsichtlich der Arhythmie, als der Verstärkung der einzelnen Systolen und Diastolen, der Periodenbildung und Abschwächung, sowie Vernichtung der Herzthätigkeit. Ein gesetzmässiges Verhalten in dieser Richtung, etwa in der Art und Weise, dass diese oder jene der angeführten Erscheinungen nur an den Vorhöfen oder nur an den Ventrikeln zu Tage getreten wäre, gab es nicht Ich halte es darum auch für zweckmässiger, statt die einzelnen beobachteten Fälle aufzuzählen, auf die in Taf. I, Fig. 3; Taf. II, Fig. 1 und 2; Taf. III, Fig. 1; Taf. IV, Fig. 2 und 5—7; Taf. V, Fig. 1—6 und Taf. VI, Fig. 8, wiedergegebenen Curven zu ver-

weisen, aus denen die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen ausreichend hervorgeht.

Im Allgemeinen ist nur zu bemerken, dass die Arhythmie und die Verstärkung der Systolen und Diastolen sich an den Ventrikeln stärker ausprägt, die Abschwächung und das Erlöschen der Herzthätigkeit an den Vorhöfen früher zu Tage tritt, und hier wieder zumeist früher am rechten Vorhof.

Schlussbemerkungen.

Aus den in den vorhergehenden Capiteln mitgetheilten Thatsachen und den beigefügten Curven geht wohl zur Genüge hervor, dass das in der Einleitung geschilderte graphische Verfahren zur Beobachtung der Thätigkeit der vier Herzabtheilungen gestattet, diesbezügliche Verhältnisse, namentlich hinsichtlich des Zusammenwirkens derselben, festzustellen, deren Darstellung die sonst zur Beobachtung der Kreislaufsverhältnisse gewöhnlich gebrauchten Methoden nicht ermöglichen. Dabei ist das Verfahren äusserst einfach und, wenn eine gewisse Controle durch Betrachtung des Herzens geübt wird, um durch Verlagerung desselben, Einklemmung einzelner Herztheile u. dgl. bedingte Fehler zu verbessern, zuverlässig.

Die mit demselben gewonnenen Curven von den Ventrikeln sprechen nicht für die Ansicht Frey's, dass der Kammerpuls eine glatt auf- und niedersteigende, in einem einzigen Gipfel culminirende Curve darstellt.

Sehr bemerkenswerth scheint mir das mittels des angegebenen Verfahrens beobachtete, verschiedene Verhalten der einzelnen Herzabtheilungen bei dyspnoischer, namentlich aber bei elektrischer Vagusreizung.

Zunächst ist in dieser Richtung hervorzuheben, dass bei schwächerer Reizung des Halsvagus öfters die von den Vorhöfen oder von einem Vorhof, oder die von den Ventrikeln gewonnenen Curven allein eine Vergrösserung, die anderen aber eine Verkleinerung oder unveränderte Höhe zeigten, sowie dass die bei länger anhaltender stärkerer Vagusreizung gewöhnlich eintretende Verkleinerung der Curven zuweilen nur auf einen Herzabschnitt beschränkt blieb.

Weiter ist zu erwähnen das Zusammenfallen von kräftigen Vorhofssystolen mit abortiven Ventrikelsystolen; von abortiven Vorhofsystolen mit Pausen der Ventrikel; von kräftigen Ventrikelsystolen mit Pausen oder abortiven Contractionen am Vorhof; endlich von kräftigen Systolen des einen mit abortiven des anderen Vorhofes.

Die Coincidenz von Pausen oder abortiven Contractionen am Vorhof mit kräftigen Ventrikelsystolen wird es begreiflicherweise bedingen müssen, dass trotz kräftigem Herzschlag der Arterienpuls sehr klein ausfällt oder gar nicht wahrnehmbar ist und mithin der Fall eintritt, den jüngst R. Funke in einer in meinem Institute ausgeführten Arbeit unter Beibringung von Curvenbeispielen erörterte, dass man manchmal durch Auscultation, Palpation und graphische Untersuchung an kranken Menschen das Zusammenfallen kräftiger Herzschläge mit bedeutender Abschwächung ja Ausfall des Arterienpulses feststellen kann (11, S. 1, 13, 15).

Auf die Möglichkeit, dass diese Erscheinung durch mangelhafte Füllung des Herzens vom Vorhof her bedingt werde, wurde schon in dieser Arbeit hingewiesen, dabei jedoch nicht an eine ungenügende Systole, sondern an die Verkürzung der Diastole des Vorhofes gedacht (11, S. 14).

Später haben Hochhaus und Quincke diese Erscheinung ausführlicher besprochen und mit dem Namen der »frustranen Herzcontractionen« belegt (12). Auch sie weisen darauf hin dass bei diesen »frustranen Contractionen« die Füllung der Ventrikel von den Vorhöfen her bei Beginn der Contraction gewöhnlich noch nicht den Durchschnittsgrad erreicht hat (12, S. 422), nehmen aber als eigentlichen Grund derselben an, dass »die Musculatur der diastolisch gefüllten Ventrikel in eine Art von krampfhafter Starre geräth« (12, S. 426), für welche Annahme ich keine Anhaltspunkte finden kann. Die abweichende Form der Herzstoss-Curven, die sie als »graphisches Bild der frustranen Contractionen« hervorheben, erklärt sich an den von ihnen bezeichneten Stellen (12, Taf. IV, bei *f*) zur Genüge aus der zum Theil sehr hochgradigen Abschwächung des Herzstosses, die wie unter Anderem an zahlreichen Stellen der Taf. III zur Arbeit R. Funke's zu sehen ist, stets mit einer gewissen Ab-

weichung der Curvenform verknüpft ist. Ich glaube denn auch, dass zur Erklärung der Abschwächung oder des Ausfallens der Pulse an den von Hochhaus und Quincke mit *f* bezeichneten Stellen der abortive Charakter der coincidirenden Systolen des Herzens ausreicht.

Aber auch die ungenügende Füllung des Ventrikels bei kräftiger Zusammenziehung desselben dürfte die Form der Herzstosscurve verändern können, wie die von mir auf Taf. VI, Fig. 3, 5 mit *a* bezeichneten Stellen wahrscheinlich machen, an denen die mit abortiven Vorhofsystolen zusammenfallenden kräftigen Kammersystolen stets eine abweichende Curvenform zeigen.

Mit Rücksicht auf die beobachtete Coincidenz von abortiven Contractionen des einen mit kräftigen Contractionen des anderen Vorhofes bei kräftigen Zusammenziehungen beider Ventrikel ist noch hervorzuheben, dass auch auf diese Weise die von mir eingehend erörterte Erscheinung zustande kommen kann, dass mit normalen Pulsen im kleinen, abortive oder fehlende Pulse im grossen Kreislauf zusammenfallen können und umgekehrt (10, S. 40—42). Es können eben gleiche oder wenigstens sehr ähnliche Pulsbilder, wie schon R. Funke hervorgehoben hat, durch verschiedenerlei Störungen in der Herzthätigkeit erzeugt werden.

Als eine ganz eigenthümliche Erscheinung ist das Auftreten von Flimmern an einem Vorhofe oder beiden Vorhöfen bei nicht ganz gleichmässigen kräftigen Zusammenziehungen der beiden Ventrikel hervorzuheben. Da dieses Flimmern bei schwacher nur zu ganz mässiger Verminderung der Schlagzahl des Herzens führender Vagusreizung eintrat, ausserdem der Vagus bei elektrischer Reizung immer hoch über die Halswunde erhoben wurde, kann ich nicht annehmen, dass es sich dabei etwa um das Herz selbst treffende Stromschleifen handelte.

Ich sah übrigens auch bei Hemmung des Blutabflusses aus dem Herzen durch anämische Vasoconstrictorenreizung bei einem Thiere Flimmern an den Vorhöfen bei stark abgeschwächter und unregelmässiger Thätigkeit der Ventrikel eintreten. Es scheint demnach, als wenn eine stärkere Vorhofs-

füllung unter Umständen zum Flimmern führen könnte, wobei ich noch betonen muss, dass in dem einem wie dem anderen Falle das Flimmern trotz mehrfacher Wiederholung des betreffenden Eingriffes nur ein paarmal auftrat. Den Incongruenzen in der Thätigkeit der einzelnen Herzabschnitte bei der Vagusreizung entsprechen solche bei Hemmung des Blutabflusses aus dem Herzen und bei Vergiftung mit Helleboreïn. Darauf, wie verschiedenartig diese Incongruenzen zu sein vermögen, wurde im vierten und fünften Capitel dieser Mitheilung verwiesen. Als von allgemeinerem Interesse sei hier nur die eine Wahrnehmung hervorzuheben, dass abgesehen vom Absterben des Herzens unter der Helleboreïnwirkung, Arhythmie und Allorhythmie in der Regel an den Ventikeln stärker ausgeprägt erschienen als an den Vorhöfen und dass hinsichtlich dieser Erscheinungen häufiger eine Incongruenz zwischen den Vorhöfen und den Ventrikeln, als zwischen dem rechten und linken Herzen zu Tage trat.

Alles in Allem aber sind die zahlreichen, mittels des angegebenen Verfahren gewonnenen Beispiele von Incongruenz in der Thätigkeit der einzelnen Herzabschnitte wohl geeignet, die von mir früher aufgestellte Behauptung zu erhärten, dass den beiden Herzhälften und, wie sich jetzt ergeben hat, den einzelnen Herzabschnitten überhaupt, »ein nicht unerheblicher Grad von Selbständigkeit hinsichtlich ihrer Thätigkeit zukommt« (10, S. 51).

Verzeichniss der angeführten Literatur.

1. M. Löwit. Über die Entstehung des Lungenödems. Ziegler's Beiträge zur pathologischen Anatomie und zur allgemeinen Pathologie. Bd. XIV. 1894. S. 401 ff.

2. Ph. Knoll. Über Wechselbeziehungen zwischen dem grossen und kleinem Kreislaufe. Sitzungsberichte der kais. Akademie in Wien, mathem.-naturw. Cl., Bd. XCIX, Abth. III, Jänner 1890, S. 5 ff.

3. M. François-Franck. Nouvelles recherches sur les effets de la systole des oreillettes sur la pression ventriculaire et artérielle. Archives de physiologie normale et pathologique. V Série. T. II. 1890. S. 401—403. Application du procédé de

cardiographie volumetrique auriculo-ventriculaire à l'étude de l'action cardio-tonique des nerfs accelerateurs du coeur. Ebenda. S. 815—818.

4. Ph. Knoll. Über eine Methode zur Verzeichnung der Volumschwankungen des Herzens. Sitzungsberichte der kais. Akademie in Wien. Mathem.-naturw. Cl., Bd. LXXXII. III. Abth. Juni, 1880, S. 7 ff.

5. N. Baxt. Die Verkürzung der Systolenzeit durch den Nervus accelerans cordis. Du Bois-Reymond's Archiv. 1878 S. 122 ff.

6. Ph. Knoll. Über die nach Verschluss der Hirnarterien auftretenden Augenbewegungen. Sitzungsberichte der kais. Akademie in Wien. Mathem.-naturw. Cl., Bd. XCIV. October 1886. S. 222.

7. W. H. Gaskell. On the rhythm of the heart of the frog and on the nature of the action of the vagus-nerve. Proceed. of the Royal Soc. XXXIII. S. 199 ff.

8. Th. W. Engelmann. Beobachtungen und Versuche am suspendirten Herzen. Pflüger's Arch. Bd. LII. S. 370 ff.

9. C. S. Roy und J. G. Adami. Heartbeat and Puls-wave. The Practitioner. 1890. S. 83.

10. Ph. Knoll. Über Incongruenz in der Thätigkeit der beiden Herzhälften. Sitzungsberichte der kais. Akademie in Wien. Mathem.-naturw. Cl., Bd. XCIX. Abth. III. Jänner 1890. S. 32 ff.

11. R. Funke. Ein Beitrag zur Lehre von der Pulsarhythmie. Zeitschrift für Heilkunde. XIV. Bd. S. A. Berlin 1893.

12. H. Hochhaus und H. Quincke. Über frustrane Herzcontractionen. Deutsches Archiv für klin. Medicin. Bd. LIII. S. 414 ff.

Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Figuren sind mittels des im Text angegebenen graphischen Verfahrens vom Kaninchen gewonnen, und zwar mit Ausnahme von Taf. I, Fig. 1 und Taf. II, Fig. 3, von curarisirten Thieren, während des Aussetzens der künstlichen Lüftung.

Die von unten ausgehend erste Curvenreihe jeder Figur stammt vom linken Ventrikel, die zweite vom linken Vorhof, die dritte vom rechten Ventrikel und die vierte vom rechten Vorhof.

Die auf der Abscisse verzeichneten niederen Striche markiren Secunden, die höheren, durch einen zweiten Strich verbundenen, den Zeitpunkt und eventuell die Dauer eines Eingriffes.

Sämmtliche Curven sind von links nach rechts zu lesen.

Die in der nachfolgenden Erklärung vorkommende Bezeichnung »J. R.« bedeutet Reizung des peripheren Stumpfes des Halsvagus mittels eines mit einem Leclauché-Element armirten Du Bois-Reymond'schen Inductoriums von circa 5000 Windungen der secundären Spirale. Die dabeistehenden Ziffern zeigen den Abstand der secundären von der primären Spirale in Centimetern an.

H. bezeichnet vorhergegangene Vergiftung mit Helleboreïn.

Tafel I.

Fig. 1. Reizung des centralen Halsvagusstumpfes (J. R. 19) bei einem spontan athmenden Thiere. Die fünfte Curvenreihe von unten gibt die mittels eines elastischen, in der Oberbauchgegend applicirten Sackes verzeichnete Athmung wieder. Die aufsteigende Linie dieser Curven verzeichnet die Inspiration.

Fig. 2. J. R. 5.

Fig. 3. H.

Tafel II.

Fig. 1, 2. H.

Fig. 3. Bei *a* Aussetzen der künstlichen Lüftung bei einem nicht curarisirten Thiere, dessen Halsvagi erhalten sind. Die fünfte Curve von unten hat dieselbe Bedeutung wie auf Taf. I, Fig. 1.

Fig. 4. Flimmern an den beiden Vorhöfen während anämischer Vasoconstrictorenreizung.

Tafel III.

Fig. 1. H.

Fig. 2—6. J. R., und zwar 2—4 an einem Thiere; 2 bei 16; 3 bei 15; 4 bei 12; 5 bei 5; 6 bei 5.

Tafel IV.

Fig. 1, 3, 4. J. R., und zwar 1 bei 15; 3 bei 8; 4 bei 6.
Fig. 2, 5—7. H.

Tafel V.

Fig. 1—6. H.
Fig. 7. J. R. 10.

Tafel VI.

Fig. 1—6. Curvenausschnitte während elektrischer centrifugaler Halsvagusreizung.
Fig. 7. J. R. 5.
Fig. 8. H.
Fig. 9. J. R. 5.

Tafel VII.

Zwischen den Marken auf der Abscisse Verschluss der Aorta ascendens.

Tafel VIII.

Fig. 1. Zwischen den Marken auf der Abscisse Verschluss des Stammes der Arteria pulmonalis.
Fig. 2. J. R. 12.

Fig. 2.

XXIV. SITZUNG VOM 16. NOVEMBER 1894.

Das c. M. Herr Prof. G. Goldschmiedt übersendet eine im Laboratorium der k. k. deutschen Universität in Prag begonnene, im Universitätslaboratorium in Göttingen zu Ende geführte Arbeit des seither verstorbenen Dr. Heinrich Mach, betitelt: »Untersuchungen über Abietinsäure« (II. Mittheilung).

Herr Ingenieur H. Guzmann, Professor an der k. k. Staatsgewerbeschule in Bielitz, übermittelt ein versiegeltes Schreiben behufs Wahrung der Priorität mit der Aufschrift: »Beschreibung und zugehörige Skizzen eines neuen Grundprincipes der Construction von Schiffsrädern und Schiffsschrauben«.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. J. Wiesner überreicht den fünften Theil seiner Pflanzenphysiologischen Mittheilungen aus Buitenzorg unter dem Titel: »Studien über die Anisophyllie tropischer Gewächse«.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. C. Toldt überreicht eine Abhandlung von Dr. Josef Lartschneider, em. Assistent der II. anatomischen Lehrkanzel an der k. k. Universität in Wien, betitelt: »Die Steissbeinmuskeln des Menschen und ihre Beziehungen zum M. Levator ani und zur Beckenfascie (eine vergleichend anatomische Studie)«.

Herr Prof. Dr. Ed. Lippmann überreicht eine im III. chemischen Laboratorium der k. k. Universität in Wien ausgeführte Arbeit des Herrn Paul Cohn: »Über einige Derivate des Phenylindoxazens«.

XXV. SITZUNG VOM 29. NOVEMBER 1894.

Der Secretär legt das im Auftrage Sr. k. u. k. Hoheit des durchlauchtigsten Herrn Erzherzog Ludwig Salvators, Ehrenmitgliedes der kaiserl. Akademie, von der Buchdruckerei Heinrich Mercy in Prag übermittelte Druckwerk: »Die Liparischen Inseln. VIII. Allgemeiner Theil« vor.

Ferner legt der Secretär den 44. Jahrgang des Almanach der kaiserl. Akademie für das Jahr 1894 und das erschienene Heft VIII (October 1894), Abtheilung II. a. des 103. Bandes der Sitzungsberichte vor.

Herr Prof. Dr. V. Hilber in Graz dankt für die ihm zur Fortsetzung seiner geologischen Forschungen in der südlichen europäischen Türkei aus den Erträgnissen der Boué-Stiftung bewilligte Reisesubvention; desgleichen dankt Herr Prof. Dr. Ed. Richter in Graz für eine ihm zum Zwecke des Studiums der Terrainformen in der Hochregion des scandinavischen Gebirges von der Akademie gewährte Reisesubvention.

Das c. M. Herr Hofrath Prof. Alexander Bauer übersendet eine Arbeit aus dem chemischen Laboratorium der k. k. Staatsgewerbeschule in Bielitz von Dr. G. v. Georgievics: »Über das Wesen des Färbeprocesses.«

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

1. »Beiträge zur Kenntniss der Laubmoosflora des Hochgebirgstheiles der Sierra Nevada in Spanien«, von Prof. Dr. F. v. Höhnel an der k. k. technischen Hochschule in Wien.

2. »Die Wirkungsweise der Condensatoren im Wechselstromkreise«, von Dr. Gustav Benischke in Innsbruck.
3. Einige Bemerkungen zu J. Finger's Abhandlung: »Das Potential der inneren Kräfte etc. (I.)«, von Prof. Dr. Waldemar Voigt in Göttingen.

Das w. M. Herr Prof. H. Weidel überreicht folgende zwei im I. chemischen Laboratorium der k. k. Universität in Wien ausgeführte Arbeiten:

1. »Studien über Quercetin und seine Derivate« (X. Abhandlung), von Dr. J. Herzig.
2. »Über die Einwirkung von Alkalien auf bromirte Phloroglucinderivate«, von J. Herzig und J. Pollak.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. Ad. Lieben überreicht eine in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeit von Herrn Ernst Roithner: »Zur Kenntniss des Äthylenoxydes«.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Erzherzog Ludwig Salvator, Die Liparischen Inseln. VIII. Allgemeiner Theil. Prag, 1894; Folio.

Le Musée Bohême, Système silurien du centre de la Bohême par Joachim Barrande. Ière Partie: Recherches Paléontologiques. Continuation éditée par le Musée Bohême. Vol. VIII. Tome Ier. *Bryozoaires*, *Hydrozoaires* et partie des *Anthozoaires* par Ph. Počta. (Text et 21 Planches.) (De la part du Musée Bohême conformément au désir exprimé par Joachim Barrande dans son testament.) Prague, 1894; 4°.

Haeckel, E., Systematische Phylogenie der Protisten und Pflanzen. I. Theil des Entwurfs einer systematischen Phylogenie. Berlin, 1894; 8°.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

CIII. BAND. X. HEFT.

ABTHEILUNG III.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN UND DER THIERE, SOWIE AUS JENEM DER THEORETISCHEN MEDICIN.

XXVI. SITZUNG VOM 6. DECEMBER 1894.

Der Vorsitzende, Herr Vicepräsident Prof. E. Suess, gedenkt des Verlustes, welchen die kaiserliche Akademie und speciell diese Classe durch das am 30. November l. J. erfolgte Ableben ihres wirklichen Mitgliedes Sr. Excellenz des Herrn geheimen Rathes Dr. Cajetan Freiherrn von Felder in Wien erlitten hat.

Die anwesenden Mitglieder geben ihrem Beileide über diesen Verlust durch Erheben von den Sitzen Ausdruck.

Das c. M. Herr Prof. G. Goldschmiedt übersendet zwei Arbeiten aus dem chemischen Laboratorium der k. k. deutschen Universität in Prag:

1. »Bildung von Propyltartronsäuren aus den Dibutyryldicyaniden«, von Prof. Karl Brunner.
2. »Über das Verhalten der Kalksalze einiger aromatischer Äthersäuren bei der trockenen Destillation«, von stud. phil. Eduard Hübner.

Herr Gejza v. Bukowski in Wien übersendet eine vorläufige Notiz über den zweiten abschliessenden Theil seiner Arbeit: »Die levantinische Molluskenfauna der Insel Rhodus«.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. Ad. Lieben überreicht eine in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeit: »Über den Phenyläther des Glycolaldehyds«, von Dr. C. Pomeranz.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Foreau de Courmelles, V. De la vaginite et de son traitement. Paris, 1888; 8°. — Le magnétisme devant la loi. Paris, 1890; 8°. — Précis d'électricité médicale. Technique opératoire des applications médicales. Paris, 1892; 8°. — Revue illustrée de politechnique médicale et chirurgicale. Paris, No. 7, 1892; No. 3, 4, 6, 9, 1893; 8°.

XXVII. SITZUNG VOM 13. DECEMBER 1894.

Der Secretär legt den 61. Band (Jahrgang 1894) der Denkschriften, ferner die aus denselben veranstaltete Collectiv-Ausgabe der Berichte der Commission für Erforschung des östlichen Mittelmeeres (III. Reise) vor.

Herr Prof. Dr. Anton Fritsch in Prag übermittelt die Pflichtexemplare des III. Heftes zum III. Bande (in der Reihe Heft XI) seines mit Unterstützung der kaiserlichen Akademie herausgegebenen Werkes: »Fauna der Gaskohle und der Kalksteine der Permformation Böhmens«. *Paleoniscidae.* I. (Mit Taf. 113—122.)

Das w. M. Herr Hofrath Prof. J. Wiesner übersendet eine Abhandlung von Dr. Julius Pohl, Privatdocent an der k. k. deutschen Universität in Prag: »Über Variationsweite der Oenothera Lamarckiana«.

Das w. M. Herr Prof. L. Pfaundler übersendet eine Abhandlung des Herrn Dr. P. Czermak in Graz: »Über die Temperaturvertheilung längs eines dünnen Drahtes, der von einem constanten Strome durchflossen wird«.

Das c. M. Herr Prof. Zd. H. Skraup übersendet folgende zwei Arbeiten aus dem chemischen Institute der k. k. Universität in Graz:

1. »Über die Affinität einiger Basen in alkoholischer Lösung«, von Prof. Zd. H. Skraup.
2. »Über das Cinchotenin«, von Dr. Florian Ratz.

Das c. M. Herr Prof. G. Goldschmiedt übersendet folgende zwei Arbeiten aus dem chemischen Laboratorium der k. k. deutschen Universität in Prag:

1. »Über das Verhalten des äthylglycolsauren Kalkes bei der trockenen Destillation«, von Dr. Wilhelm Heinrich Gintl.
2. »Über ein Cyanid und eine Carbonsäure des Isochinolins«, von stud. phil. Berthold Jeiteles.

Der Secretär legt eine von Herrn Victor Lutschaunig, Professor der Schiffbaukunde an der k. k. Akademie für Handel und Nautik in Triest, eingesendete Abhandlung vor, betitelt: »Der Mittelpunkt des hydrostatischen Auftriebes«.

Das w. M. Herr Intendant Hofrath F. Ritter v. Hauer überreicht eine Abhandlung des c. M. Herrn Director Th. Fuchs in Wien: »Über die Natur und Entstehung der Stylolithen«.

Das c. M. Herr Hofrath Prof. L. Boltzmann in Wien überreicht eine vorläufige Mittheilung über eine von ihm und Herrn G. H. Bryan ausgeführte Arbeit: »Über eine mechanische Analogie des Wärmegleichgewichtes zweier sich berührender Körper«.

Herr Dr. Carl Graf Attems in Wien überreicht eine Abhandlung unter dem Titel: »Die Myriopoden Steiermarks«.

Schliesslich spricht Herr Vicepräsident Prof. E. Suess über den Mond und seine geologische Beschaffenheit.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Lutschaunig, V., Die Definitionen und Fundamentalsätze der Theorie des Gleichgewichtes schwimmender Körper. Eine kritische Besprechung der Stabilitätstheorie der Schiffe. (Mit 11 Tafeln.) Triest, 1894; 8°.

Die Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe erscheinen vom Jahre 1888 (Band XCVII) an in folgenden **vier gesonderten Abtheilungen**, welche auch einzeln bezogen werden können:

Abtheilung I. Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Krystallographie, Botanik, Physiologie der Pflanzen, Zoologie, Paläontologie, Geologie, Physischen Geographie und Reisen.

Abtheilung II. a. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Astronomie, Physik, Meteorologie und Mechanik.

Abtheilung II. b. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Chemie.

Abtheilung III. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie des Menschen und der Thiere, sowie aus jenem der theoretischen Medicin.

Dem Berichte über jede Sitzung geht eine Übersicht aller in derselben vorgelegten Manuscripte voran.

Von jenen in den Sitzungsberichten enthaltenen Abhandlungen, zu deren Titel im Inhaltsverzeichnisse ein Preis beigesetzt ist, kommen Separatabdrücke in den Buchhandel und können durch die akademische Buchhandlung F. Tempsky (Wien, IX., Wasagasse 12) zu dem angegebenen Preise bezogen werden.

Die dem Gebiete der Chemie und verwandter Theile anderer Wissenschaften angehörigen Abhandlungen werden auch in besonderen Heften unter dem Titel: »Monatshefte für Chemie und verwandte Theile anderer Wissenschaften« herausgegeben. Der Pränumerationspreis für einen Jahrgang dieser Monatshefte beträgt 5 fl. oder 10 Mark.

Der akademische Anzeiger, welcher nur Original-Auszüge oder, wo diese fehlen, die Titel der vorgelegten Abhandlungen enthält, wird, wie bisher, acht Tage nach jeder Sitzung ausgegeben. Der Preis des Jahrganges ist 1 fl. 50 kr. oder 3 Mark.

XXVI. SITZUNG VOM 6. DECEMBER 1894.

Der Vorsitzende, Herr Vicepräsident Prof. E. Suess, gedenkt des Verlustes, welchen die kaiserliche Akademie und speciell diese Classe durch das am 30. November l. J. erfolgte Ableben ihres wirklichen Mitgliedes Sr. Excellenz des Herrn geheimen Rathes Dr. Cajetan Freiherrn von Felder in Wien erlitten hat.

Die anwesenden Mitglieder geben ihrem Beileide über diesen Verlust durch Erheben von den Sitzen Ausdruck.

Das c. M. Herr Prof. G. Goldschmiedt übersendet zwei Arbeiten aus dem chemischen Laboratorium der k. k. deutschen Universität in Prag:

1. »Bildung von Propyltartronsäuren aus den Dibutyryldicyaniden«, von Prof. Karl Brunner.
2. »Über das Verhalten der Kalksalze einiger aromatischer Äthersäuren bei der trockenen Destillation«, von stud. phil. Eduard Hübner.

Herr Gejza v. Bukowski in Wien übersendet eine vorläufige Notiz über den zweiten abschliessenden Theil seiner Arbeit: »Die levantinische Molluskenfauna der Insel Rhodus«.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. Ad. Lieben überreicht eine in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeit: »Über den Phenyläther des Glycolaldehyds«, von Dr. C. Pomeranz.